



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 328 557**

51 Int. Cl.:
G01C 21/00 (2006.01)
G01S 13/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01904705 .9**
96 Fecha de presentación : **06.02.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1259777**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.11.2002**

54 Título: **Sistema y procedimiento de navegación de un vehículo.**

30 Prioridad: **14.02.2000 SE 2000100451**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2009

73 Titular/es: **SAAB AB.**
581 88 Linköping, SE

72 Inventor/es: **Persson, Niklas**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 328 557 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

Sistema y procedimiento de navegación de un vehículo.

5 Campo de la invención y técnica anterior

La presente invención versa acerca de un sistema de navegación de un vehículo conforme al contorno de una región de la superficie sobre la que se mueve, que comprende a bordo del vehículo un altímetro radar adaptado para enviar señales descendentes hacia dicha región de la superficie y analizar señales reflejadas de ese modo para medir la altura sobre la parte de la región de la superficie que acaba de pasar, una base de datos con información acerca de la altitud de la región de la superficie medida en último lugar con la información de la base de datos acerca de las altitudes de la región de la superficie dentro de un área dada de incertidumbre y que forma un entorno de medición que se extiende sobre esta área a la distancia medida sobre la región de la superficie y que tiene un grosor vertical predeterminado y que tiene una unidad de control adaptada para controlar este procedimiento de formación de un entorno de medición para ser repetido para la formación de nuevos entornos de medición y secciones entre dichos entornos y el entorno de medición anterior para determinar la posición del vehículo para que esté en el área de la sección, que forma un nuevo entorno de medición, y para controlar un reinicio de dicho procedimiento si no logra formar dicha sección entre un nuevo entorno de medición formado y el anterior entorno de medición al igual que un procedimiento conforme al preámbulo de la reivindicación independiente adjunta del procedimiento.

Se puede utilizar dicho sistema de navegación de vehículos de los tipos más diversos, por ejemplo aeronaves, que pueden comprender todo tipo de vehículos aéreos, como aviones, objetos volantes no tripulados, etcétera, en los que la navegación se lleva a cabo conforme al aspecto del terreno que sobrevuela la aeronave, pero el vehículo también puede estar constituido por un barco, un submarino o similar, en el que entonces la región de la superficie es el fondo del agua, como el mar, en el que se mueve el barco. Sin embargo, será tratado el caso particular de la navegación de un avión en la presente revelación más adelante para aclarar la invención, pero no para restringirla, en consecuencia, de ninguna forma. Se indica que incluso si el altímetro radar mide la altura del avión sobre el terreno se entiende que se determina indirectamente de ese modo la altitud del terreno, dado que el avión, por medio de otros sensores, tiene información acerca de la altitud del mismo sobre el nivel del mar, de forma que gracias a la medición del altímetro radar se puede llevar a cabo dicha comparación de una altitud medida del terreno con información de la base de datos acerca de las altitudes del terreno.

Se puede utilizar un sistema de este tipo para navegar una aeronave durante su despegue y aterrizaje al igual que en vuelo de crucero mientras se utiliza la información suministrada por el contorno del terreno sobrevolado alrededor de la posición del avión.

Ya se conoce dicho dispositivo incluido en el sistema con el nombre de filtro de terreno de navegación, y este dispositivo realiza un algoritmo cuando forma un entorno de medición de la forma definida anteriormente. Dicho filtro de terreno de navegación ha sido desarrollado por el solicitante y lleva en uso desde 1995. De esta manera, en dicho dispositivo o filtro de terreno de navegación se lleva a cabo una suposición acerca del ruido del altímetro radar, que depende del hecho de que la medición puede tener lugar, a veces, sobre objetos en el suelo, como árboles, y por ese sake se escoge un grosor vertical del entorno de medición de forma que de manera independiente de dichos ruidos se pueda decir con absoluta certeza que el avión se encuentra dentro del entorno de medición. Si el ruido fuese mayor, existiría el riesgo de divergencia, es decir, que el avión acabe fuera del entorno de medición. Si se produjese dicha divergencia cuando el avión vuela sobre terreno plano o agua, el dispositivo no “moriría” sino que continuaría suministrando estimaciones erróneas de posición, dado que no hay variación de terreno que haga posible que desaparezca la superposición. Normalmente se utiliza un dispositivo que sobrevalora el ruido del altímetro radar para evitar este problema, pero los costes de esta sobrevaloración es que el periodo transitorio aumenta y se deteriora el rendimiento del dispositivo, es decir, el algoritmo se vuelve menos exacto. Mediante dicho aumento del grosor del entorno de medición se dice, por ejemplo, que “los árboles nunca son más altos que 50 metros”, en vez de los anteriores 25 metros, por ejemplo.

El documento US-A-4 894 659 muestra un sistema de altímetro de microondas para aeronaves. El sistema tiene un detector de umbral con dos canales paralelos que proporcionan dos conjuntos de señales de salida. Los conjuntos de señales tienen distintos niveles de sensibilidad. Las señales de la sensibilidad mayor se suministran a una pantalla de visualización. Las señales de la sensibilidad menor se suministran a un sistema de navegación. Además, un comparador indica un fallo en el sistema si las dos señales de salida difieren en más de una cantidad predeterminada.

El documento US-A-5 331 562 muestra un sistema de navegación referido al terreno para una aeronave. El sistema está basado en un medio para generar un círculo de error de probabilidad que tiene una pluralidad de puntos de cuadrícula, incluyendo cada punto de cuadrícula un filtro de Kalman que tiene parámetros de posición, y un medio de procesamiento dispuesto para eliminar los filtros de Kalman divergentes, de forma que se proporciona un último filtro de Kalman.

65 Resumen de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y un procedimiento del tipo definido en la introducción que mejora la funcionalidad y la robustez de los sistemas y de los procedimientos de este tipo ya conocidos.

El objeto se obtiene, conforme a la invención, al proporcionar dicho sistema con al menos tres de dichos dispositivos adaptados para llevar a cabo dicha determinación de posición del vehículo y un medio adaptado para comparar las posiciones determinadas por los dispositivos y, ante una desviación sustancial de la posición de uno de los dispositivos con respecto a los otros dispositivos, suponer que esta posición es errónea y formar una media de las posiciones de los otros dispositivos como la posición correcta del vehículo.

Al utilizar de esta forma una pluralidad de dispositivos o de filtros de terreno de navegación, los riesgos de que se dé un fallo en la indicación de posición se vuelve considerablemente menor que cuando solo se utiliza un dispositivo. Dado que el avión, en el caso de un vehículo en forma de un avión, solo está ubicado en una posición en un instante dado de tiempo, se puede decir que solo hay una verdadera posición e infinitas posiciones erróneas en un instante dado de tiempo. Esto significa que si un dispositivo lleva a cabo una determinación de la posición coincidiendo con las determinaciones de posición de otros dispositivos, estos dispositivos tienen que dar estimaciones correctas de la posición del avión, dado que la probabilidad de que varios dispositivos determinen la misma posición errónea es infinitamente baja.

Conforme a una realización preferente de la invención, las unidades de control de los distintos dispositivos están adaptadas para cooperar para reducir la dependencia mutua de las determinaciones de posición de los dispositivos. Esto constituye una realización muy preferente de la invención, dado que un grado elevado de independencia mutua de los distintos dispositivos reduce considerablemente el riesgo de que dos dispositivos indiquen la misma posición errónea.

Una reducción de dicha dependencia puede tener lugar, en otra realización preferente de la invención, al disponer dicho medio de al menos un dispositivo para formar un entorno de medición que tiene un grosor distinto del grosor del entorno de medición del medio de al menos otro dispositivo. Al variar los ajustes del ruido del altímetro radar de esta forma se hace posible determinar si cualquier dispositivo indica un valor de posición errónea después de llevar a cabo dicho procedimiento como una consecuencia de un entorno de medición demasiado fino, o demasiado grueso, de forma que la indicación de la posición se vuelve inexacta.

Conforme a otra realización preferente de la invención, los distintos dispositivos están adaptados para iniciar dicho procedimiento con un retraso temporal mutuo, lo que hace posible que también se mantenga la robustez sobre un terreno que tiene pequeñas variaciones, como en el caso de un avión utilizado para tierras o humedales de cultivo.

Conforme a otra realización preferente de la invención, el altímetro radar está adaptado para llevar a cabo mediciones más a menudo de lo que el dispositivo respectivo está adaptado para formar un nuevo entorno de medición, y el dispositivo respectivo está adaptado para utilizar los resultados de otras mediciones de altitud del altímetro radar distintas de las de los otros dispositivos. Por el hecho de que los distintos dispositivos utilizan de esta forma distintas mediciones de altitud para la determinación de la posición de los mismos, el riesgo de un error repetido como consecuencia de cualquier obstáculo excepcionalmente grande cuando se mide el terreno es extremadamente bajo.

El procedimiento conforme a la invención y a las realizaciones preferentes de la misma definidas en las reivindicaciones adjuntas tiene las ventajas que aparecen, sin duda, de la anterior descripción de las realizaciones preferentes del sistema conforme a la invención.

A partir de la siguiente descripción y de las otras reivindicaciones dependientes aparecen ventajas adicionales al igual que características ventajosas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Con referencia a los dibujos adjuntos, a continuación sigue una descripción de un sistema y un procedimiento de navegación de un avión conforme a una realización preferente de la invención citada como un ejemplo.

En los dibujos:

La Fig 1 es una vista esquemática que ilustra un avión sobrevolando una porción de terreno y que está provisto de un sistema de navegación conforme a la invención en una primera etapa de un procedimiento de determinación de la posición,

la Fig 2 es una vista que se corresponde a la Fig 1 en una etapa posterior de dicho procedimiento,

la Fig 3 es una vista que se corresponde a las Figuras 1 y 2 en una etapa aún posterior de dicho procedimiento,

las Figuras 4 y 5 son vistas similares a la de la Fig 1 que ilustran cómo distintos tipos de terreno pueden resultar en fallos de medición para un dispositivo incluido en el sistema conforme a la invención,

la Fig 6 es una vista muy esquemática que ilustra un aspecto del sistema conforme a la invención y al procedimiento conforme a la invención, y

la Fig 7 es un diagrama simplificado de bloques que ilustra el algoritmo conforme al que un dispositivo de navegación según el terreno incluido en el sistema conforme a la invención está adaptado para funcionar.

Descripción detallada de una realización preferente de la invención

Se explicará en primer lugar la construcción y la función del sistema de navegación de una aeronave conforme al contorno del terreno sobrevolado de ese modo conforme a la invención, con referencia a las Figuras 1-3 en paralelo con la Fig 7. El avión 1 está provisto de un altímetro radar 2 indicado esquemáticamente en la Fig 2 por medio de un cono de medición y está adaptado para enviar señales descendentes hacia el terreno y para analizar señales reflejadas de ese modo para medir la altitud del terreno que se acaba de pasar. El avión también tiene una base de datos con información acerca de altitudes del terreno dentro del área en la que está presente el avión, en la que esta área podría ser muy grande, y la base de datos podría contener información acerca del contorno del terreno y, por ejemplo, un país entero, como Suecia, o para la superficie completa de la Tierra. La información del terreno se encuentra presente en forma de indicaciones de altitud para ciertos puntos fijos en el terreno, entre los que solo se puede interpolar la altitud.

El sistema también comprende un dispositivo 3 para la determinación de la posición del avión cuyo algoritmo de funcionamiento se representa esquemáticamente en la Fig 7. Este dispositivo, que puede ser denominado filtro de terreno de navegación, está adaptado para funcionar de la siguiente forma: cuando el avión está ubicado en una posición dentro de un área dada de incertidumbre y se debe iniciar un procedimiento de determinación de la posición, se forma un entorno 4 de medición cilíndrico circular, que parece un disco gigante de hockey sobre hielo y en el que el avión está ubicado con certeza. Este entorno 4 de medición puede tener un radio normalmente de 10 km y el grosor vertical del mismo puede ser, por ejemplo, de 200 m. Así, las proporciones en las Figuras no son correctas, pero las Figuras solo se utilizan para explicar la invención de una forma sencilla.

Supongamos ahora que el altímetro radar 2 lleva a cabo una medición de altitud en un cierto tiempo t_1 , lo que da un valor de la distancia en la dirección vertical entre el avión y la parte del terreno para la que se llevó a cabo la medición, que podría ser el terreno, y entonces solo se proporciona el resultado de la medición con un error que proviene del propio procedimiento de medición, pero la medición también se pudo realizar en, por ejemplo, la copa de un árbol, y entonces se introduce un error dependiendo del terreno, dado que no se ha medido en el terreno. El dispositivo comprende un medio adaptado para comparar la altitud medida del terreno con la información de la base de datos acerca de altitudes del terreno dentro de un área de incertidumbre dada y formar un entorno 5 de medición que se extiende por esta área a la distancia medida sobre el terreno y que tiene un grosor vertical predeterminado. Para la posición vertical del avión esta se extiende dentro de los límites laterales 6, 7 entre un límite inferior S_d y un límite superior S_u del entorno de medición definido como sigue:

$$S_s(X, Y) = h_{\text{sup}}(X, Y) + h_{\text{ter}} - \varepsilon$$

$$S_u(X, Y) = h_{\text{sup}}(X, Y) + h_{\text{ter}} + \varepsilon + N$$

$h_{\text{sup}}(X, Y)$ es la información de altitud de la base de datos en la posición X, Y , h_{ter} es la altura sobre el terreno medida por el altímetro radar, ε es el mayor fallo de medición esperado como consecuencia del procedimiento de medición y N es el mayor fallo de medición esperado dependiendo del terreno y de la vegetación.

Por lo tanto, ahora se adquiere un conocimiento del hecho de que el avión se encuentra tanto dentro del área 4 de incertidumbre y dentro del entorno 5 de medición, es decir, la sección entre el área 4 de incertidumbre y el entorno de medición. Esto significa que el entorno 5 de medición es ahora la nueva área de incertidumbre cuando el avión sigue volando conforme a la Fig 3. Entonces se mueve el entorno de medición conforme a una estimación del movimiento del avión por medio de cualquier sensor en movimiento no mostrado al tiempo t_2 para la siguiente medición de la altitud determinada por radar. Sin embargo, la medición se ve influenciada por el movimiento del avión por una cierta incertidumbre con respecto a la velocidad, de forma que el entorno de medición o el área de incertidumbre tiene que ser expandida un tanto en todas las direcciones conforme a la incertidumbre de la velocidad.

En la Fig 3, la región de incertidumbre movida y un tanto expandida se indica por medio del 8. En consecuencia, en este tiempo t_2 se lleva a cabo otra medición de altitud determinada por radar, que después de la comparación descrita anteriormente con la información de la base de datos da como resultado un nuevo entorno 9 de medición, y la sección 10 entre el área 8 de incertidumbre y el entorno 9 de medición da una nueva área 10 de incertidumbre, que muestra que la incertidumbre de la posición del avión ha sido reducida drásticamente. Se continua este procedimiento de actualizaciones de tiempo y de mediciones y la determinación de la posición mejora gradualmente. En consecuencia, una actualización de tiempo expande el área de incertidumbre, mientras que una actualización de la medición de la altitud contrae el área de incertidumbre, en el supuesto caso de que hubiese variaciones características del terreno sobre las que ha tenido lugar la medición. Una actualización de la medición de la altitud no proporcionará ninguna información nueva si el terreno es plano. Así, la navegación depende mucho de las variaciones del terreno subyacente.

Para obtener una precisión elevada de la determinación de la posición, es necesario crear una pequeña área de incertidumbre, que puede obtenerse, por ejemplo, al hacer el grosor del entorno de medición más fino, pero esto podría entonces significar que podría darse un mayor error de medición que el pronosticado (N) y entonces se consigue un final del procedimiento de las secciones, dado que no se podría formar ninguna sección y de ese modo se tendría que

ES 2 328 557 T3

llevar a cabo un reinicio del procedimiento completo con un área 4 de incertidumbre conforme a la Fig 1. De esta manera, la elección de N es un compromiso entre el deseo de una pequeña área de incertidumbre y el riesgo de obtener un área o sección de incertidumbre vacía.

5 El algoritmo que se acaba de describir se ilustra esquemáticamente en la Fig 7, en la que una caja 11 ilustra cómo se comienza con una gran área de incertidumbre, en la caja 12 tiene lugar una cierta expansión del área de incertidumbre por parte de una actualización de tiempo, con lo cual tiene lugar una medición de altitud determinada por radar en la caja 13, que forma un entorno de medición que reduce el área de incertidumbre. En la caja 14 se muestra que se intenta formar una nueva sección entre el entorno de medición y la anterior área de incertidumbre, y, si esto tiene éxito, la
10 flecha 15 es seguida de nuevo a la caja 12 para repetir este procedimiento entre las cajas 12 y 14, pero si la respuesta en la caja 14 es que no se puede formar ninguna sección, entonces se sigue a la flecha 16 de nuevo a la caja 11 para reiniciar el procedimiento con una gran área 4 de incertidumbre conforme a la Fig 1.

15 Sin embargo, en una determinación de la posición por medio de un dispositivo de la forma descrita anteriormente a veces pueden ocurrir problemas y el dispositivo puede suministrar valores erróneos o no tener ninguna posibilidad en absoluto de suministrar valores durante un periodo de tiempo mayor, lo que se ilustra en las Figuras 4 y 5.

En la Fig 5 se muestra cómo un error de medición “relativamente” grande, que proviene del hecho de que hay un obstáculo alto en el terreno, resulta en la incidencia de lo que se denomina “fijación errónea”, dado que se formará una sección entre el área 5 de incertidumbre precedente y la nueva 17, pero el avión no estará ubicado dentro de esta nueva sección 18. Si el avión está ubicado sobre terreno plano cuando esto tiene lugar el filtro no morirá, es decir, no tendrá lugar un reinicio del filtro, pero el dispositivo continuará suministrando determinaciones o estimaciones erróneas de la posición durante un largo periodo de tiempo.

25 La presente invención está caracterizada por tener a bordo de un avión al menos tres dispositivos del tipo descrito anteriormente, que están adaptados para llevar a cabo dicho procedimiento para la determinación de la posición del avión, y cada uno de estos distintos dispositivos está indicado por medio de una línea discontinua 19-22 en la Fig 6. Los medios 24 están dispuestos para comparar las posiciones determinadas por los dispositivos y, ante una desviación sustancial de cualquier posición con respecto a las otras, suponer que esta es errónea y calcular una media de las otras
30 posiciones como la posición correcta del avión. La precisión de la determinación de la posición de navegación puede ser mejorada considerablemente de esta forma y se puede reducir extraordinariamente el riesgo de fallos, dado que la probabilidad de que una pluralidad de dispositivos den la misma estimación errónea de la posición es infinitamente baja y, por lo tanto, resultados sustancialmente idénticos de las determinaciones de la posición de distintos dispositivos significan, en la práctica, que estas determinaciones son correctas. Entonces, se deberían llevar a cabo las determinaciones de la posición de los dispositivos independientemente las unas de las otras tanto como sea posible. Esto se puede conseguir, por ejemplo, al disponer dichos medios de cada dispositivo para formar entornos de medición de un grosor distinto de los grosores de los entornos de medición de los medios de los otros dispositivos, es decir, se puede variar el ruido esperado de las mediciones de altitud.

40 Otra posibilidad consiste en el hecho de que los distintos dispositivos son iniciados con un retraso temporal mutuo, de forma que, por ejemplo, no se inicia un nuevo dispositivo hasta que el último dispositivo iniciado ha formado una nueva sección. Dicho retraso temporal dependiente del terreno tiene como resultado una robustez mantenida incluso sobre un terreno que tenga pequeñas variaciones.

45 Otra posibilidad consiste en disponer que el altímetro radar para que lleve a cabo mediciones de altitud más a menudo de lo que el dispositivo respectivo esté adaptado para formar un nuevo entorno de medición, y el dispositivo respectivo está adaptado para utilizar resultados de otras mediciones de altitud del altímetro radar distintos de los de los otros dispositivos. Ya ocurre que, en la práctica, lo más frecuente es que el altímetro haga mediciones con más frecuencia de lo necesario para actualizar la medición de los dispositivos, de forma que esta posibilidad ya está disponible y la invención utiliza esta posibilidad. Entonces, se llevan a cabo las mediciones a una frecuencia de 10-30 Hz, preferentemente aproximadamente 15 Hz, que, para una velocidad normal de vuelo de un avión, significa una distancia de aproximadamente 15 m entre dichas mediciones en el despegue y en el aterrizaje. Entonces, las unidades de control del dispositivo respectivo están coordinadas preferentemente entre sí, de forma que cada una utiliza el resultado de las mediciones de altitud de un intervalo determinado de tiempo que coincide sustancialmente con los intervalos de tiempo correspondientes de las unidades de control de otros dispositivos, de forma que, por ejemplo, un dispositivo utilice los resultados de medición de las mediciones 1, 5, 9... en orden cronológico, mientras que para otro dispositivo los números de orden correspondientes son 2, 6, 10...

60 De manera ventajosa, los dispositivos o los filtros son los más que resulte posible, y solo es la capacidad del ordenador del avión la que establece los límites de cuántos dispositivos se pueden utilizar. En el sistema se utilizan de manera ventajosa al menos 5 dispositivos, preferentemente al menos 10.

Se indica que los distintos dispositivos en el sistema pueden, en la práctica, estar muy compendiados por medio de un único programa informático que coopere con el altímetro radar y con la base de datos para llevar a cabo el algoritmo descrito anteriormente para los distintos puntos de medición asociados con el dispositivo determinado imaginado.
65

ES 2 328 557 T3

Al término “altímetro radar” se le debe dar un sentido amplio y comprende todos los tipos de mediciones en las que se transmite una señal de radar y es reflejada por un objeto o causa una retransmisión de cualquier otro tipo de señal de radar para su análisis y cálculo de la distancia.

- 5 Como ya se ha mencionado, el dispositivo puede estar adaptado para la navegación de otros vehículos distintos de aviones conforme al contorno de la región de la superficie sobre la que se mueven, como vehículos aéreos o barcos. En consecuencia, el medio en el que se transmiten las señales del altímetro radar puede ser aire o agua. En el último caso mencionado también puede ser denominado sonda por eco.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de navegación de un vehículo conforme al contorno de una región de la superficie sobre la que se mueve, que comprende a bordo del vehículo
- un altímetro radar (2) adaptado para enviar señales descendentes hacia dicha región de la superficie y para analizar las señales reflejadas desde la misma para medir la altura sobre la parte de la región de la superficie que se acaba de pasar,
- 10 una base de datos con información acerca de la altitud de la región de la superficie dentro del área en la que está presente el vehículo y un dispositivo (3, 19-22) que tiene
- un medio (13) adaptado para comparar la altitud de la región de la superficie medida en último lugar con la información de la base de datos acerca de las altitudes de la región de la superficie dentro de un área de incertidumbre dada y formar un entorno (5) de medición que se extiende sobre esta área a la distancia medida sobre la región de la superficie y que tiene un grosor vertical predeterminado y que tiene una unidad de control adaptada
- 15 para controlar este procedimiento de la formación de un entorno de medición para ser repetido para la formación de nuevos entornos y secciones (10) de medición entre dichos entornos recién formados y el anterior entorno de medición para determinar la posición del vehículo para que esté dentro del área de una sección particular, y
- 20 para controlar un reinicio de dicho procedimiento si no logra formar dicha sección entre un nuevo entorno de medición formado y el anterior entorno de medición,
- 25 estando **caracterizado** el sistema porque comprende
- al menos tres dichos dispositivos (19-22) adaptados para llevar a cabo dicha determinación de la posición del vehículo y
- 30 un medio (24) adaptado para comparar las posiciones determinadas por los dispositivos y al darse una desviación sustancial de la posición de uno de los dispositivos con respecto a los otros dispositivos, el otro supone que esta posición es errónea y calcula una media de las posiciones de los otros dispositivos como la posición correcta del vehículo.
- 35 2. Un sistema conforme a la reivindicación 1, **caracterizado** porque las unidades de control de los distintos dispositivos están adaptadas para cooperar para reducir la dependencia mutua de las determinaciones de la posición de los dispositivos.
- 40 3. Un sistema conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho medio (13) de al menos un dispositivo está adaptado para formar entornos de medición que tienen un grosor distinto de los grosores de los entornos de medición del medio de al menos otro dispositivo.
- 45 4. Un sistema conforme a la reivindicación 3, **caracterizado** porque dicho medio (13) de cada dispositivo está adaptado para formar entornos de medición que tienen un grosor distinto de los grosores de entornos de medición del medio de los otros dispositivos.
- 50 5. Un sistema conforme a cualquiera de las reivindicaciones 2-4, **caracterizado** porque los distintos dispositivos (19-22) están adaptados para iniciar dicho procedimiento con un retraso temporal con respecto a los otros dispositivos.
6. Un sistema conforme a la reivindicación 5, **caracterizado** porque los distintos dispositivos (19-22) están adaptados para iniciar dicho procedimiento con un retraso temporal mutuo al no iniciar el procedimiento de un dispositivo siguiente antes de que el último dispositivo iniciado haya formado una dicha sección.
- 55 7. Un sistema conforme a cualquiera de las reivindicaciones 2-6, **caracterizado** porque el altímetro radar (2) está adaptado para llevar a cabo mediciones de altitud más a menudo de lo que el dispositivo respectivo (19-22) está adaptado para formar un nuevo entorno de medición, y de lo que el dispositivo respectivo está adaptado para utilizar resultados de otras mediciones de altitud del altímetro radar que los otros dispositivos.
- 60 8. Un sistema conforme a la reivindicación 7, **caracterizado** porque las unidades de control del dispositivo respectivo están coordinadas entre sí para utilizar cada una el resultado de las mediciones de altitud en un intervalo dado de tiempo que coincide sustancialmente con los intervalos correspondientes de tiempo de las unidades de control de los otros dispositivos.
- 65 9. Un sistema conforme a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el altímetro radar está adaptado para llevar a cabo las mediciones con una frecuencia de 10-30 Hz, preferentemente aproximadamente 15 Hz.

ES 2 328 557 T3

10. Un sistema conforme a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque comprende al menos cinco, preferentemente al menos diez, de dichos dispositivos.

5 11. Un sistema conforme a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque está adaptado para la navegación de una aeronave, porque el altímetro radar (2) está adaptado para enviar señales descendentes hacia el terreno que acaba de pasar el avión para medir la altura de la aeronave sobre el terreno, y porque dicha base de datos contiene información acerca de altitudes del terreno dentro del área en la que está presente la aeronave.

10 12. Un sistema conforme a la reivindicación 11, **caracterizado** porque está adaptado para estar dispuesto a bordo de dicha aeronave para la navegación de la misma conforme al contorno del terreno sobrevolado por dicha aeronave.

13. Un procedimiento de navegación de un vehículo conforme al contorno de una región de la superficie sobre la que se mueve, comprendiendo dicho procedimiento los pasos de

- 15
- enviar señales por medio de un altímetro radar (2) a bordo del vehículo hacia una región de la superficie bajo el mismo,
 - analizar señales reflejadas por la superficie para medir la altitud de la región de la superficie,

20

 - comparar la altitud medida de la región de la superficie con la información acerca de las altitudes de la región de la superficie dentro de un área dada, estando almacenada dicha información en una base de datos,
 - formar un entorno (5) de medición que se extiende sobre esta área a la distancia medida sobre la región de la superficie y que tiene un grosor vertical predeterminado,

25

 - formar reiteradamente un nuevo entorno de medición conforme a los pasos anteriores y formar para cada nuevo entorno de medición formado secciones (10) entre un nuevo entorno de medición y el anterior entorno de medición para la determinación de la posición para que esté dentro del área de una sección particular,

30 siendo reiniciado dicho procedimiento si no se puede formar ninguna sección, **caracterizado** por los pasos de

llevar a cabo la determinación de la posición del vehículo por medio de al menos tres dispositivos distintos (19-22),

35 comparar las posiciones determinadas por los distintos dispositivos, y

cuando la comparación indica una desviación sustancial de la posición determinada por uno de los dispositivos con respecto a las posiciones determinadas por los otros dispositivos, se supone que esta posición es errónea, y se calcula una media de las posiciones de los otros dispositivos como la posición correcta del vehículo.

40 14. Un procedimiento conforme a la reivindicación 13, **caracterizado** porque se hace que los distintos dispositivos (19-22) cooperen, de forma que se reduce la dependencia mutua de las determinaciones de la posición de los dispositivos.

45 15. Un procedimiento conforme a la reivindicación 14, **caracterizado** porque se forman entornos de medición para al menos un dispositivo que tienen un grosor distinto de los grosores de los entornos de medición de al menos otro dispositivo para reducir dicha dependencia.

50 16. Un procedimiento conforme a la reivindicación 14 o 15, **caracterizado** porque dicho procedimiento de uno de los dispositivos (19-22) se inicia con un retraso temporal con respecto a los otros dispositivos.

55 17. Un procedimiento conforme a cualquiera de las reivindicaciones 14-16, **caracterizado** porque las mediciones de altitud se llevan a cabo por medio del altímetro radar (2) más a menudo de lo que el dispositivo respectivo forma un nuevo entorno de medición, y de lo que se hace que el dispositivo respectivo utilice los resultados de otras mediciones de altitud del altímetro radar (2) que los otros dispositivos.

60 18. Un procedimiento conforme a cualquiera de las reivindicaciones 13-17, **caracterizado** porque para la navegación de una aeronave conforme al contorno del terreno sobrevolado por dicha aeronave se envían por medio del altímetro radar (2) a bordo de la aeronave hacia el terreno que acaba de pasar la aeronave para medir la altitud de la aeronave por encima del mismo, y porque la altitud medida del terreno se compara con la información de la base de datos acerca de altitudes del terreno dentro del área en la que se encuentra presente la aeronave.

65 19. Un procedimiento conforme a la reivindicación 18, **caracterizado** porque se utiliza para la navegación de dicha aeronave conforme al contorno del terreno sobrevolado por dicha aeronave.

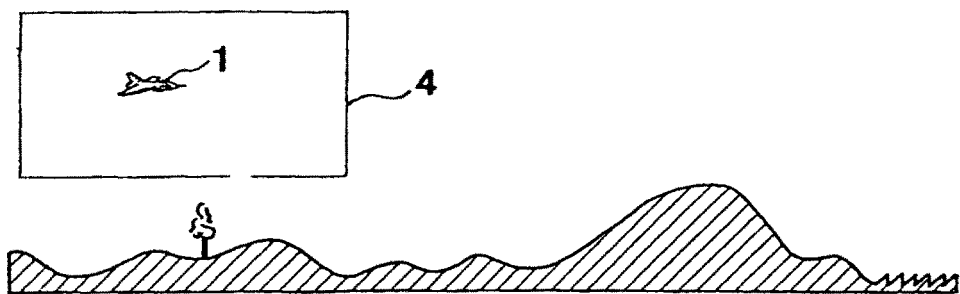


Fig 1

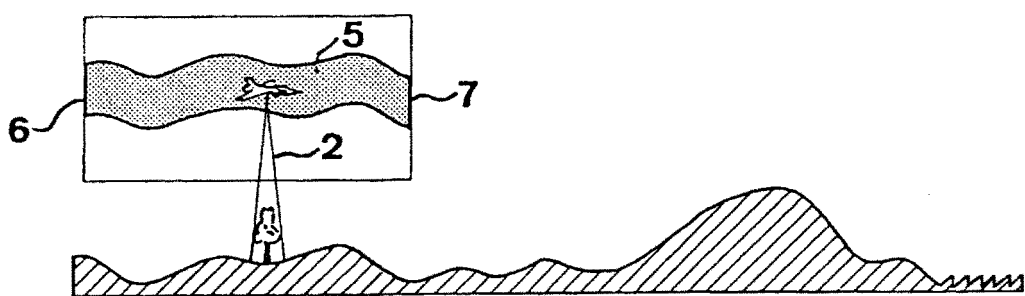


Fig 2

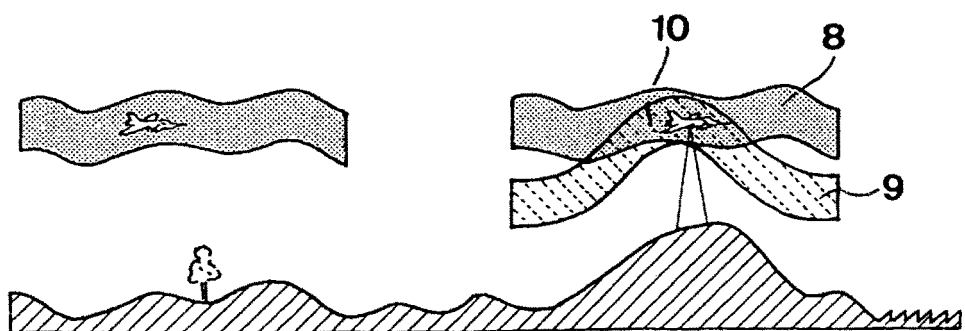


Fig 3

Fig 4

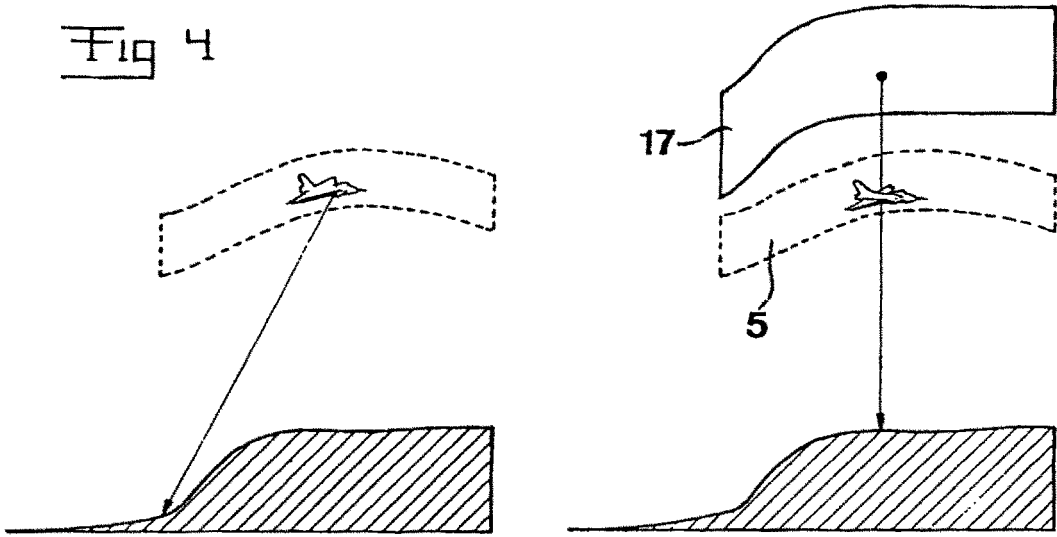


Fig 5

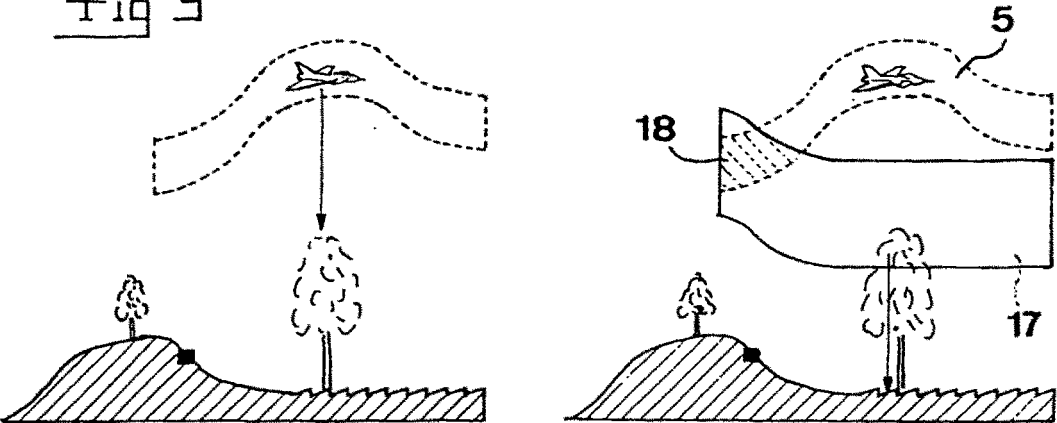
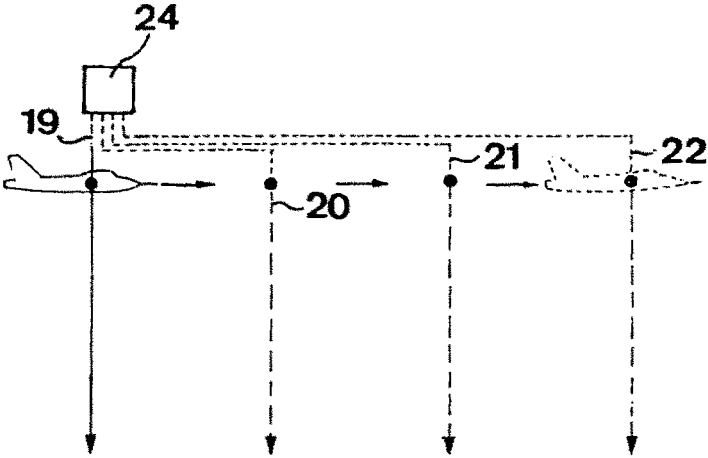


Fig 6



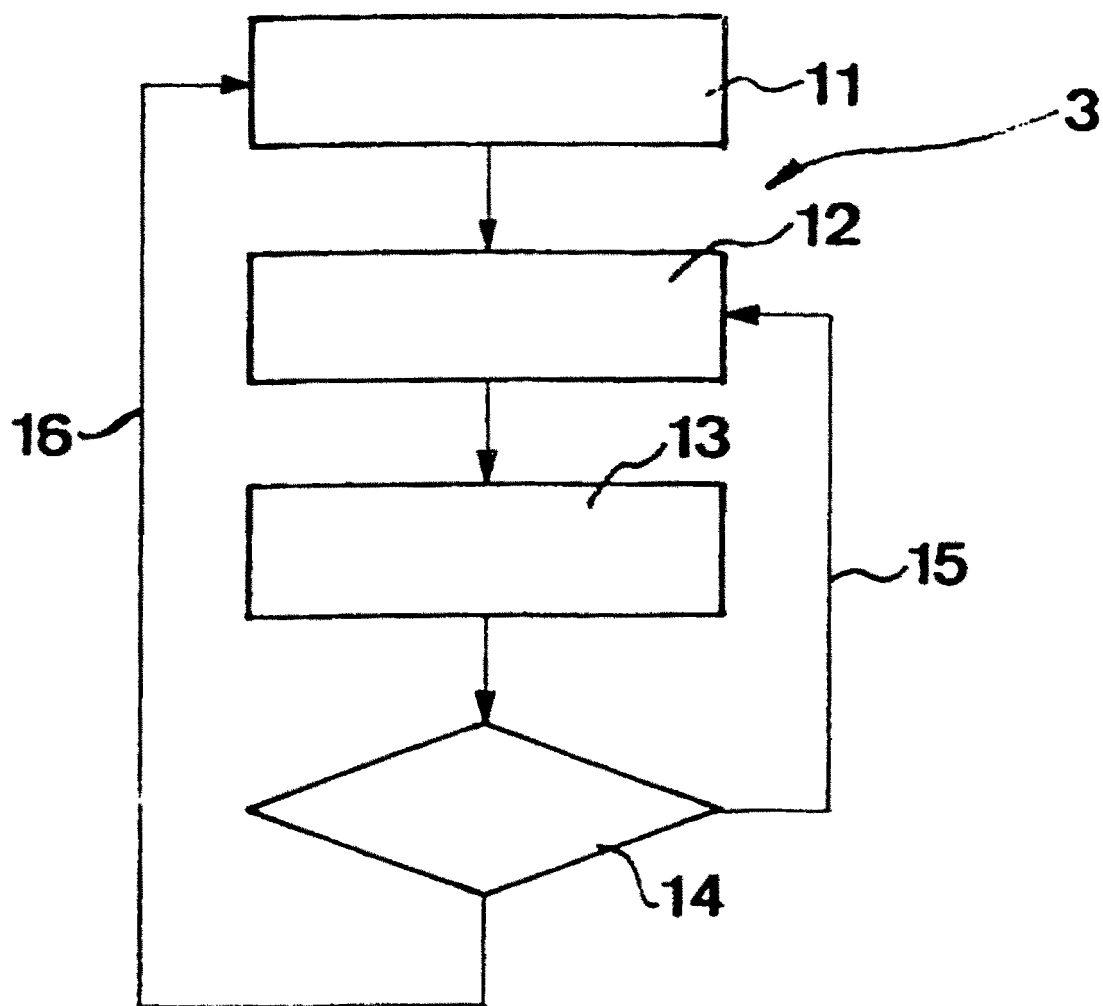


Fig 1