



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 354 300**

51 Int. Cl.:
G05D 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06116479 .4**

96 Fecha de presentación : **30.06.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1873606**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2008**

54 Título: **Planificación de itinerario con terminación sin riesgos.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.03.2011

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

72 Inventor/es: **Tyskeng, Mathias y**
Ivansson, Johan

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 354 300 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).

DESCRIPCIÓNCampo de la Invención

5 La presente invención se refiere al campo de la navegación aérea, en particular a un llamado volumen de una operación de terminación segura calculada. Así mismo, se refiere a un procedimiento para la constitución de dicho volumen, y a una aeronave provista de un sistema que utiliza dicho volumen para planificar una ruta de vuelo y / o una ruta de emergencia.

Antecedentes de la Invención

10 Dentro de un par de años los Vehículos Aéreos No Tripulados, UAVs, se prevé que vuelen en el territorio aéreo civil junto con los aviones civiles y de acuerdo con las reglas civiles del tráfico aéreo. Esto exigirá unas condiciones de seguridad muy elevadas de los sistemas de una tercera parte que entre en relación con el UAV, tanto en el aire como en el suelo. Respecto de una tercera parte en el aire será preciso disponer de sistemas anticolidión y similares para garantizar la seguridad en el aire y será preciso disponer de sistemas similares para evitar que el vehículo choque con el suelo. Sin embargo, surge un problema cuando la propulsión del vehículo deja de funcionar, y el vehículo es incapaz de evitar terminar en el suelo.

15 Hoy en día, los vehículos aéreos no tripulados operan enteramente en áreas designadas en las que están autorizados a terminar en el suelo. Para cumplir las condiciones de seguridad para volar en áreas no designadas, los territorios aéreos civiles, el vehículo debe ser capaz de controlar que termine dentro de las áreas autorizadas en las que no exista peligro para terceras partes.

20 En la actualidad los UAVs, ya se trate de vehículos pilotados por control remoto (RPVs) o semi o completamente autónomos, representan un campo de importancia creciente de la técnica aeronáutica. Cuando se hacen volar vehículos autónomos, es de la mayor importancia asegurar la planificación de la ruta para que el vehículo aéreo sea capaz de llegar hasta un punto de terminación aprobado. Si se produce un fallo en el UAV, como por ejemplo un fallo del motor o evento similar, el UAV debe terminar el vuelo en un punto de terminación aprobado en el que haya un terreno aceptable. Sobre todo es necesario excluir completamente el riesgo de que el UAV termine o se estrelle en áreas pobladas. Esto puede conseguirse mediante el empleo de unos puntos de terminación siendo estos puntos determinados de antemano como puntos aceptables. Así mismo, es importante, tal y como se expuso con anterioridad, que el UAV sea capaz de llegar hasta uno de sus puntos de terminación y que dicha circunstancia se produzca sin riesgos.

30 El sistema típico de seguridad de un UAV debe siempre determinar que no exista peligro para una tercera parte. Estos sistemas requieren que el vehículo pueda volar de manera normal. Si se produce un fallo de un motor en un vehículo no tripulado es inevitable una terminación contra el suelo, lo que significa que, con el fin de garantizar la seguridad de terceras partes, el vehículo debe terminar sobre un punto predeterminado y seguro.

35 El documento DE, A1, 3124553 divulga un cálculo de una trayectoria de planeo en el que la altitud necesaria es computada en base a la relación de sustentación y resistencia aerodinámica para llegar a un área elegida como objetivo.

El documento US, A, 5142480 divulga un procedimiento para proporcionar una indicación acerca de si una aeronave puede planear con seguridad hasta un aeropuerto seleccionado y representar los datos requeridos, como por ejemplo la altitud requerida, un número predeterminado de aeropuertos, etc.

40 El documento US, A1, 20040193334 divulga un procedimiento para proporcionar una ruta de terminación a un vehículo cuando se produce una situación de emergencia. La aeronave sigue una trayectoria de terminación hasta un punto de terminación con una altitud y una velocidad específicas.

El documento EP-A-1 657 611 divulga un procedimiento y un aparato para la determinación automática de una ruta para su uso por un sistema de control de vuelo en respuesta a las contingencias experimentadas por el vehículo aéreo.

45 Para hacer posible una terminación segura dentro de un área no designada se requiere lo siguiente:

- Debe existir al menos un punto o área en el que se permita la terminación segura.
- El vehículo debe siempre saber cuál es el punto de terminación al que debe dirigirse, con el fin de terminar de forma segura.
- El vehículo debe siempre estar en una posición en la que el vehículo pueda planear hasta dicho punto o área.

Así mismo, en los sistemas críticos de seguridad, como por ejemplo los sistemas de posicionamiento, deben, así mismo, funcionar unos sistemas de control con el fin de hacer posible la navegación hasta el punto de terminación.

5 El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un volumen estimado de una operación de terminación segura en el que cada coordenada del volumen satisfaga los requisitos para proporcionar una trayectoria de planeo segura hasta un punto de terminación aprobado, volumen que puede ser utilizado para planificar una ruta de vuelo y una ruta de terminación en caso de emergencia.

Sumario de la Invención

10 La invención, tal y como se define, en las reivindicaciones 1, 3 y 9 proporciona un procedimiento para la estimación de un volumen de operaciones de terminación segura respecto de un vehículo no tripulado que haga posible un vuelo seguro en áreas no designadas, esto es, en áreas que no están reservadas explícitamente al ejército. El procedimiento está diseñado para ser completamente previsible, lo que significa que la operación del vehículo debe ser prevista incluso si se interrumpe la comunicación o el contacto con el vehículo. El volumen de una
15 operación de terminación segura puede ser utilizado como un parámetro de limitación al planificar una ruta regular, mientras que un vehículo no tripulado de acuerdo con la invención, está diseñado para no planificar nunca una ruta que no sea segura. El procedimiento puede, así mismo, ser utilizado en vehículos controlados por un piloto, en el que los parámetros del volumen de una operación de terminación segura puedan ser representados al piloto.

20 El objetivo de la invención se cumplimenta mediante la provisión de un procedimiento para la creación de una representación de un volumen de una operación de terminación segura que indique la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo de un vehículo hasta un punto de terminación en un área de interés. El procedimiento comprende la etapa de la toma en consideración de zonas de vuelo no permisibles mediante la adición de una altitud de vuelo que se sitúe alrededor de dichas zonas de vuelo permisibles al calcular la altitud de vuelo permisible más baja.

25 En un aspecto adicional, el procedimiento incluye las etapas de: la discretización del área de interés en áreas discretizadas; la introducción de datos relativos a las zonas de No vuelo y de la relación de Sustentación y Resistencia aerodinámica; la selección de al menos un punto que defina un punto de terminación; la computación de la altitud de vuelo permisible más baja para los puntos situados en posición adyacente al punto que define el punto de terminación, en el que la altitud de vuelo permisible más baja es computada para admitir el planeo del vehículo hasta la altitud de vuelo permisible más baja del punto que define un punto de terminación; la repetición de la
30 computación de la altitud de vuelo más baja para el punto situado en posición adyacente al punto computado con anterioridad, en el que la altitud de vuelo permisible más baja es computada para admitir el planeo del vehículo hasta la altitud de vuelo permisible más baja del punto computado con anterioridad; la repetición de las etapas d - e para todos los puntos de terminación seleccionados hasta que todos los puntos del área discretizada hayan recibido una altitud de vuelo permisible más baja, lo que se traduce en una superficie inferior de un volumen de una
35 operación de terminación segura.

Así mismo, la etapa de la introducción de datos comprende así mismo: la adición de los datos reales del terreno del suelo que se consideran a la hora de calcular el volumen de una operación de terminación segura.

La invención, divulga así mismo, una representación de un volumen de terminación segura creada de acuerdo con el procedimiento expuesto con anterioridad.

40 Así mismo, la invención se refiere a un procedimiento para planificar una ruta de vuelo que utilice dicho volumen de terminación segura y a que la altitud del plan de vuelo se determina para que nunca caiga por debajo de la altitud permisible más baja de acuerdo con el volumen de una operación de terminación segura.

45 La invención se refiere, así mismo, a un procedimiento para la obtención de un mapa de terminación que utiliza dicho volumen de una operación de terminación segura caracterizado porque dicho procedimiento comprende así mismo las etapas de: la discretización del mapa en áreas, y la determinación para cada una de dichas áreas discretizadas, de una altitud a partir de dicho volumen de una operación de terminación segura y de un vector que indica la dirección en la que un vehículo debe desplazarse con el fin de llegar hasta un punto de terminación seguro.

50 Así mismo, la invención se refiere a un procedimiento para la planificación de una ruta de emergencia de un vehículo cuando se produce un fallo en el vehículo determinante de que el vehículo no puede completar su ruta predeterminada dentro de un área de interés, que incluye las siguientes etapas: la recepción de una indicación de que se ha producido un fallo; el posicionamiento del vehículo; la determinación de los parámetros de control, controlando el vehículo para que se desplace de acuerdo con los parámetros de control determinados; caracterizado porque dicho procedimiento hace uso de un volumen de una operación de terminación segura mencionado con anterioridad y porque dichos parámetros de control incluyen una altitud leída a partir de dicho volumen de una

operación de terminación segura que indica la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo hasta un punto de terminación, y una dirección leída a partir de los vectores que señalan la dirección hasta el punto de terminación.

5 El procedimiento divulga, así mismo, un procedimiento en el que la etapa de la determinación de los parámetros de control incluye así mismo la selección de un volumen de una operación de terminación segura que indica la altitud de vuelo permisible más alta y una dirección basada en qué tipo de fallo se ha producido y se ha indicado.

10 Así mismo, la etapa de la determinación de los parámetros de control incluye así mismo la selección de un volumen de terminación segura que indica la altitud de vuelo permisible más baja y una dirección en base a una indicación de la dirección en la que el vehículo se está desplazando.

15 La invención divulga un sistema de control que puede ser utilizado en un vehículo no tripulado que comprende: un sistema de supervisión funcional que recibe indicaciones cuando el fallo se produce, una unidad de procesamiento que puede posicionar el vehículo de acuerdo con la información de posicionamiento; una unidad de procesamiento central que determina los parámetros de control; y un sistema de control que comprende: un subsistema de control de misión principal adaptado para controlar el movimiento del vehículo no tripulado de acuerdo con una ruta predefinida en el que los parámetros de control han sido tomados en cuenta; y un subsistema de control de emergencia adaptado para controlar el desplazamiento del vehículo no tripulado de acuerdo con los parámetros de control no recibidos desde la unidad de procesamiento central; en el que dichos parámetros de control incluyen, una altitud leída a partir de un volumen de una operación de terminación segura mencionado con anterioridad que indica la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo hasta el punto de terminación.

20 Así mismo, los parámetros de control de dicho procedimiento también una lectura de dirección a partir de un mapa de vectores que apunta en la dirección hacia el punto de terminación en base a la posición recibida desde la unidad de posicionamiento cuando se indica un fallo por parte del sistema de supervisión funcional.

25 El sistema de control puede, así mismo, comprender un almacenamiento de memoria con el fin de almacenar los volúmenes de una operación de terminación segura que indiquen la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo sobre el punto de terminación, y una pluralidad de mapas con vectores que señalen en la dirección hacia el punto de terminación.

30 La invención, se refiere, así mismo, a un producto de programa informático que, cuando es ejecutado en una computadora ejecuta un procedimiento de creación de un volumen de una operación de terminación segura de acuerdo con lo indicado con anterioridad.

35 Finalmente, la invención divulga una estructura de datos que puede ser utilizada como un plan de precaución y como un plan de vuelo de emergencia situado a bordo de una aeronave, caracterizada porque dicha estructura de datos comprende una pluralidad de registros, correspondiendo cada registro a un área geográfica limitada, y cubriendo el conjunto de los registros un área de interés de una aeronave encargada de una misión, pudiendo cada registro contener datos representativos de una altitud de vuelo permisible recomendada más baja para situaciones de no emergencia, y pudiendo, así mismo contener datos representativos de una dirección de vuelo recomendada para situaciones de emergencia, en la que al menos una zona de vuelo permisible ha sido tomada en consideración para añadir con ello una altitud de vuelo a la altitud de vuelo permisible más baja para que se sitúe alrededor de dicha al menos una zona de vuelo no permisible.

40 La estructura de datos se lleva a cabo en forma de dos entidades de memoria separadas, conteniendo una la altitud de vuelo permisible más baja y la otra la información de dirección de vuelo de emergencia.

Breve Descripción de los Dibujos

45 La invención se describirá con mayor detalle en las líneas que siguen con referencia a los ejemplos preferentes de formas de realización y con referencia a los dibujos adjuntos, de los cuales

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de un área de interés provista de los datos relevantes de los antecedentes;

la Fig. 2 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para la determinación de un volumen de la operación de terminación segura de acuerdo con una forma de realización de la invención;

50 la Fig. 3 muestra un área de puntos discretizados calculados de un primer punto de terminación;

la Fig. 4 muestra un área de puntos discretizados calculados de un segundo punto de terminación;

la Fig. 5 muestra un ejemplo de un volumen de una operación de terminación segura sin tomar en consideración el terreno;

5 la Fig. 6 muestra el volumen de una operación de terminación segura de la Fig. 5, en el que el terreno ha sido tomado en consideración;

la Fig. 7 muestra el volumen de una operación de terminación segura de la Fig. 5, ilustrado en una versión en 2 dimensiones;

la Fig. 8 muestra un diagrama de bloques de un procedimiento para la utilización del volumen de una operación de terminación segura determinado de acuerdo con el procedimiento de la Fig. 2; y

10 la Fig. 9 muestra un diagrama de bloques de un sistema de control de señalización de acuerdo con una forma de realización de la invención.

Descripción detallada de formas de realización de la invención

Definiciones: Área de puntos discretizados calculados - un área en el que se calcula la altitud permisible más baja para cada punto del área.

15 Área de interés - un área en el que se ejecutará una misión en la que volará un UAV; también llamada área de operación.

Punto discretizado - un punto existente en un área de interés, en el que el área de interés ha sido dividida en, por ejemplo, coordenadas, puntos, células o similares.

20 Subsistema de control de emergencia - un subsistema para pilotar un vehículo durante situaciones de emergencia.

“Altitud permisible más baja”, designada como LAA - la altitud de vuelo permisible más baja que hace posible que el vehículo planee hasta un punto de terminación predeterminado aprobado y preferente.

25 Subsistema de control de misión principal - un sistema destinado a un vehículo responsable de, en el curso de situaciones regulares, una misión de control que incluye el pilotaje del vehículo por oposición al “Subsistema de control de emergencia”.

Condiciones de misión principal - parámetros que definen el propósito y los objetivos de una misión, que pueden ser, por ejemplo, seguir una ruta de vuelo o seguir un objetivo con la ayuda de sensores.

30 Mapa - una representación esquemática reducida de un área geográfica. También utilizado para indicar una representación electrónica de un área geográfica o de unos parámetros correspondientes a posiciones geográficas.

Posicionamiento - define el acto de determinar la posición de un objeto, por ejemplo la definición / determinación de una longitud, una latitud y / o de una altitud del objeto.

35 Unidad de posicionamiento - una unidad capaz de proporcionar una posición de un vehículo. Dicha unidad puede utilizar, por ejemplo, el sistema de posicionamiento global (GPS) o las técnicas de navegación comerciales.

40 Volumen de una operación de terminación segura - un volumen que está limitado principalmente como un área inferior que define un espacio que se extiende verticalmente por encima de dicha área, área inferior que se indica mediante la altitud de vuelo permisible más baja dentro de unos puntos discretizados, que un vehículo debe tener con el fin de llegar hasta un punto de terminación segura; y una línea fronteriza.

Punto de terminación - una posición en la que se considera aceptable acertar o estrechar un vehículo aéreo.

45 Con el fin de poder calcular el volumen de una operación segura relacionado con una terminación segura, se necesitan determinados datos. Estos datos son llamados los datos de fondo. Una alteración de estos datos

requiere que vuelva a calcularse el volumen de la operación segura. Dichos datos de fondo pueden ser: la relación de sustentación y de resistencia aerodinámica del vehículo, el terreno, el área de operación, el área de terminación, la existencia de zonas de vuelo o similares.

Con referencia a la Fig. 1, en ella se muestra un área de interés 10 que incluye unos datos de fondo. Con el fin de calcular un volumen de una operación de terminación segura se determinan estos datos de fondo existentes en el área de interés. En el ejemplo ilustrado se han marcado los datos de fondo, de forma que los puntos de terminación, Tps, están marcados con una X (12), un área de terminación es marcada como un área a cuadros 14, las zonas de no vuelo son marcadas con unas áreas oscuras 16, y la elevación del terreno ha sido marcada con unas líneas de contorno 18. Un vehículo no está autorizado a pasar por encima de una zona de no vuelo y dicha zona de no vuelo no debe rodear un área en la que esté permitido volar, dado que un vehículo de alguna manera termina en un área rodeada no sería capaz de escapar de esa posición. En el ejemplo ilustrado todos los objetivos tienen una forma rectangular, pero debe entenderse que los perfiles de los objetos y los puntos pueden tener cualquier forma.

Con referencia a la Fig. 2, en la que se muestra, en un diagrama de bloques esquemático, el procedimiento de realización de un volumen de una operación de terminación segura respecto de un vehículo. En primer lugar, se proporcionan los datos de fondo, indicados mediante la referencia numeral 22, de un área de interés, de acuerdo con lo expuesto con anterioridad, los cuales son necesarios con el fin de computar el volumen de operación de terminación segura. En la etapa 24, el área de interés, también llamada área de operación, es discretizada con el fin de facilitar la computación. Cuanto más se discretice el área, esto es, se divida en áreas más pequeñas, más preciso será el volumen de la operación de terminación segura computado. En una forma de realización de la invención, el área de interés es discretizada, en unas coordenadas de longitud y latitud, constituyendo un punto discretizado. Después de la operación de discretización 24 se efectúa la selección 26 de un primer punto de terminación como punto de arranque con el fin de iniciar el cálculo de una altitud permisible más baja para que el vehículo sea capaz de llegar a un punto de terminación. En una forma de realización de la invención, la computación se lleva a cabo utilizando un algoritmo de búsqueda de Dijkstras, el cual es un algoritmo estandarizado para encontrar las trayectorias más cortas a partir de un vértice de puente único con respecto a otro vértice predefinido de un gráfico dirigido, ponderado. La búsqueda es exhaustiva y, de esta manera, todos los vértices serán visitados si no se especifica un vértice escogido como objetivo. Para cada punto discretizado, el algoritmo determina una altitud, la altitud se incrementa para el subsecuente punto discretizado con el fin de permitir que el vehículo planee de un punto a otro, esto es, desde el punto discretizado actual hasta el punto discretizado procesado con anterioridad, véase la etapa 28. Por medio de lo cual, puede suministrarse una trayectoria garantizada hasta un punto de terminación a partir de todos los puntos discretizados existentes en los puntos de interés. La computación es totalmente ejecutada de manera secuencial a partir de cada punto de terminación existente en el punto de interés. El algoritmo no es autorizado a entrar en un área de no vuelo y, por consiguiente, el algoritmo encontrará y generará rutas alrededor de zonas de no vuelo. De acuerdo con ello, esto se traduce en una altitud permisible más baja mayor que el vehículo debe conseguir con el fin de eludir dicha zona de no vuelo.

Para el procesamiento de un primer punto de terminación, todos los puntos discretos del área de interés son calculados con el fin de garantizar que todos los puntos existentes en el área de interés han recibido un punto de terminación. En el momento de buscar la trayectoria de terminación hacia los puntos de terminación, el algoritmo de búsqueda se desarrolla en tanto en cuanto la altitud del punto calculado es más baja que la altitud relacionada con los puntos de terminación calculados con anterioridad, etapas 30 a 32. Cuando no es este el caso, el cálculo debe finalizar y de esta manera el área de puntos discretizados calculados para cada punto de terminación para encontrar la altitud más baja, es reducida a continuación. Esto se ilustra en las Figs. 3 y 4, donde, en la Fig. 3, se establece un primer punto de terminación, Tp1, 12, como punto de arranque y los puntos adyacentes al Tp1 son procesados y provistos de una altitud permisible más baja, LAA, para alcanzar el Tp1. En el ejemplo ilustrado simplificado, de acuerdo con las Figs. 3 y 4, la altitud de cada punto discretizado se establece como un número entero. Cuando un vehículo tiene que volar en diagonal para llegar hasta el Tp, la LAA de dicho punto se establece como un número entero más alto que si el vehículo pudiera volar en forma ortogonal a través del punto discretizado. Tal y como se muestra en la Fig. 3, la LAA se calcula y resulta influenciada por la zona de no vuelo 16, lo cual se traduce en una LAA mucho más alta en los puntos discretizados situados por detrás de la zona de no vuelo 16, con el fin de poder volar por la zona de no vuelo.

La computación continúa luego con el siguiente punto de terminación Tp2 12', tal y como se ilustra en la Fig. 4, en la que se calcula la LAA para cada punto discretizado para alcanzar la Tp2. El procesamiento de los puntos discretizados se inicia con los puntos más próximos al punto de terminación actual (Tp2) y continúa con los puntos más y más alejados. Los puntos discretizados ulteriores son procesados únicamente en tanto en cuanto la LAA computada sea más baja que la LAA computada con anterioridad relacionada con el punto de terminación previo Tp1 12. Ello reduce la cantidad de puntos, el área de cálculo, para cada uno de los puntos de terminación siguientes, lo que se traduce en un cálculo más rápido.

Con referencia de nuevo a la Fig. 2, después de que se ha calculado y establecido la LAA para cada punto discretización o de un cálculo relacionado con un punto de terminación, se determina si existe otro punto de terminación, etapa 34. Si existe uno, la computación se lleva a cabo para ese punto de terminación con el fin de establecer las LAAs relacionadas con ese punto de terminación. Si no existe ninguno, la computación termina y el resultado es un volumen de una operación de terminación segura en el que los datos de la LAA representan la superficie inferior del volumen.

Debe entenderse que si existe, en el área de interés, una altitud autorizada de máxima altura, determinados puntos pueden ser calculados con una altitud que exceda de la altitud autorizada máxima. Por tanto, estos puntos se convierten en zonas de no vuelo, a través de las cuales el vehículo no está autorizado a volar.

Con referencia a la Fig. 5, en ella se muestra un cálculo de la altitud de vuelo existente en un área de interés. Esta altitud de vuelo es la altitud permisible más baja, LAA, que el vehículo debe tener con el fin de alcanzar un punto de terminación. Con el fin de obtener el volumen de la operación de terminación segura, los datos que indican la altitud admisible más baja obtenidos a partir del cálculo de la trayectoria de planeo son agrupados con el terreno efectivo mediante la adición del punto más alto de cada punto al valor virtual del cálculo de planeo (Max (Terreno Altitud de Planeo)). En una forma de realización de la invención, el cálculo de la adición de las diferentes altitudes se lleva a cabo durante el algoritmo de búsqueda y, de esta forma, el algoritmo de búsqueda toma en cuenta el terreno efectivo, véase la etapa 36 de la Fig. 2. Mediante la inclusión del terreno, lo cual significa que la altitud respecto de un punto discretizado debe ser capaz de planear hasta la altitud de los puntos calculados con anterioridad, así como tener una distancia determinada hasta el suelo real. El resultado de tener en cuenta el terreno efectivo es que, si el terreno efectivo, con o sin un margen de seguridad predeterminado, excede la LAA relacionada con un punto discretizado calculado con anterioridad la LAA se determina con respecto a la altitud del terreno efectivo con un margen de seguridad. En algunos casos, el terreno efectivo determinará un gran incremento de la LAA, dichos casos serán una colina o factores similares, cuando se toma en cuenta una colina la LAA sobre la colina se verá afectada en gran medida, sin embargo, un punto discretizado situado por detrás de una colina puede tener una LAA que sea más baja que la LAA de la colina, incluso si la colina está más próxima al punto de terminación. Este será el caso cuando el algoritmo determine que el vehículo puede volar alrededor de la colina, lo que genera una LAA más alta que si no existiera la colina pero una LAA más baja que si el vehículo tuviera que volar por encima de la colina. Por tanto, los cálculos, en el caso de que se tome en consideración el terreno efectivo, incrementarán la LAA con el fin de rodear o volar por encima del terreno pronunciado, dependiendo de qué altitud, para volar por encima o para volar alrededor, sea la más baja con el fin de alcanzar un punto de terminación.

A continuación se describirá una realización ejemplar de un volumen de una operación de terminación segura con parámetros y computaciones. Los parámetros que son utilizados en el ejemplo descrito son:

- Mapa: Datos del terreno y obstáculos virtuales, por ejemplo, zonas de no vuelo.

- V: conjunto válido de vértices, siendo un vértice un punto discretizado

- d [u]: LAA en el vértice u

- p [u]: vértice matriz, punto discretizado de un punto discretizado procesado con anterioridad

- w (u.v): LAA - delta entre el vértice u y v, en base a la pendiente de planeo del UAV, esto es, la diferencia de altitud para que un UAV planee desde u a v.

- Tpi: punto i de Terminación Seleccionado, Tpi es un vértice de V.

- F: Cola de vértices con prioridad en el frente de búsqueda.

para cada vértice u en V

$d[u] := \text{infinitivo}$

$p[u] := u$

final para

[Cada vértice recibe un valor de inicio]

$F := \emptyset$

```

INSERTAR (F, Tpi)
d[Tpi] := altitud del suelo en Tpi
p[Tpi] := Tpi
mientras (F ≠ ∅)
5      u := EXTRAER - MIN (F)
      para cada vértice v en adj[u]
          si (w (u, v) + d[u] < d[v] y (Mapa [v] < infinito)
              si (w (u, v) + d[u] < Mapa [v])
10         d[v] := w (u, v) + d[u]
         si no
             d[v] := w (u, v) + d[u]
         fin si
             p[v] := u
             si (v no en F)
15         INSERTAR (F, v)
             fin si
             fin si
             fin para
             RETIRAR (F, u)
20 fin mientras

```

[Cálculo para determinar la LAA que da como resultado d[V], la cual es el suelo del volumen de la operación de terminación segura]

La Fig. 6 divulga un ejemplo en tres dimensiones ilustrativo, en el que el terreno y la altitud de planeo han sido tomadas en consideración con el fin de que un vehículo llegue hasta los puntos de terminación. La Fig. 6 difiere de lo que la Fig. 5 divulga en la cuestión de una colina gaussiana 50 debido a la consideración del terreno efectivo.

La Fig. 7 divulga la misma área de una operación de terminación segura que la dispuesta en la Fig. 7, pero con la diferencia de que el área de la operación de terminación segura se ilustra en una versión en dos dimensiones que indica las altitudes que utilizan curvas de nivel.

Con referencia a la Fig. 8, un diagrama de bloques muestra de manera esquemática el uso de un volumen de una operación segura. Los datos dinámicos, esto es, los datos modificables, como por ejemplo una modificación digital condensada de zonas de no vuelo, los puntos de terminación, etc. definidos, por ejemplo, por un usuario mediante la introducción de las coordenadas de los datos o similares, así como los datos estáticos, como por ejemplo el área de interés, el terreno, la relación L / D, son introducidos en la computación del volumen de una operación de terminación segura, véase el bloque 110. El volumen de una operación de terminación segura, resultante de esta computación, de acuerdo con lo explicado con anterioridad, puede ser utilizado para planificar una ruta en la que el volumen de una operación de terminación segura sea considerado con el fin de poder siempre evitar estrellarse en lugares inadecuados, como por ejemplo áreas pobladas. Esto significa que la ruta planificada de los vehículos nunca se situará por debajo de una LAA de los puntos discretizados. Esto da como resultado un vehículo con un planificador de ruta 120 que produce una ruta de terminación segura. La superficie inferior del volumen de una operación de terminación segura, también considerada como un terreno virtual, es utilizado para planificar una ruta de la misma forma en que se toma en consideración un perfil del terreno para planificar una ruta, con la diferencia de que el perfil del suelo ha sido elevado en determinadas áreas con el fin de poder planear hasta un punto de terminación predeterminado.

El resultado de la computación 110 de un volumen de una operación de terminación segura puede, así mismo, ser utilizado en la producción de un mapa de terminación 130, en el que el resultado es un mapa de terminación con unos vectores que dirigen el vehículo hasta un punto de terminación seguro. Los vectores están apuntando hacia un punto de terminación que sea más fácil de alcanzar, esto es, el utilizado para calcular la altitud permisible más baja. El mapa de terminación con los vectores es utilizado si se produce una emergencia en el vehículo, como por ejemplo un fallo en el motor, con el fin de determinar una ruta de terminación, de acuerdo con lo establecido en el bloque 140.

Con referencia a la Fig. 9, un vehículo articulado de acuerdo con una forma de realización de la invención comprende un sistema de control de señalización 300 el cual incluye una unidad de procesamiento central, CPU 330 y una unidad de posicionamiento 340. Un sistema de control de vuelo a bordo 310, un sistema de supervisión funcional 320 y una unidad de procesamiento de puesta en interfaz 350 se incluyen en la unidad de procesamiento central, CPU 330. El sistema de control de vuelo a bordo 310, contiene un subsistema de control de misión principal 311 y un subsistema de control de emergencia 312. El subsistema de control de misión principal 311 está adaptado para controlar el vehículo para que se desplace de acuerdo con las condiciones de la misión principal y de acuerdo con los datos recibidos procedentes de la unidad de procesamiento de adaptación 350. El subsistema de control de emergencia 312 está adaptado para controlar que el vehículo se mueva de acuerdo con los datos recogidos en la unidad de procesamiento de adaptación a partir de un mapa de la altitud de vuelo permisible más baja, esto es, un mapa de acuerdo con lo definido con anterioridad, que haya tomado en consideración el volumen de una operación de terminación segura. El sistema de control de vuelo a bordo puede, así mismo, incluir un subsistema de control adicional (no mostrado), que esté adaptado para controlar el vehículo para que se desplace de acuerdo con los comandos recibidos en tiempo real por un operador a través de una unidad de interfaz inalámbrica opcional (no mostrada). El sistema de supervisión funcional 320 está adaptado para supervisar un conjunto de parámetros de control de vuelo P1 - Pn. En el caso de que cualquiera de estos parámetros P1 - Pn caiga fuera de un alcance aceptable, el sistema de supervisión funcional 320 establece una situación de alarma relevante, por ejemplo un "fallo del motor". Mediante la unidad de posicionamiento 340 la posición del vehículo es recibida o calculada mediante, por ejemplo, el sistema de posicionamiento global "GPS", el sistema de navegación inercial, INS, o similares.

La unidad de procesamiento de puesta en interfaz 350 utiliza esta información de la posición procedente de la unidad de posicionamiento 340 y el hecho de que se ha producido un fallo del motor con el fin de elaborar una ruta de emergencia para el vehículo para adaptar, por ejemplo, para las coordenadas que el vehículo debe seguir. La unidad de procesamiento de puesta en interfaz 350 tiene acceso a la representación digital de los volúmenes de la operación de terminación segura o de los mapas de terminación calculados a partir del volumen de la operación de terminación segura, ya sea a través de una memoria separada (no mostrada) o a través de una memoria integrada en la unidad de procesamiento de puesta en interfaz 350. Mediante la información de la posición, la unidad de procesamiento de puesta en interfaz 350 determina una identificación de puntos discretizados. A partir de esta identificación de puntos la altitud de vuelo permisible más baja LAA puede ser leída así como la dirección que el vehículo debe tomar con el fin de estrellarse / aterrizar en un punto de terminación predeterminado de acuerdo con el volumen de la operación de terminación segura y con un mapa de vectores computado de antemano. Esta información es entonces transferida al subsistema de control secundario que guía al vehículo de acuerdo con dicha información. Debe entenderse que diferentes situaciones de emergencia pueden requerir diferentes mapas de terminación computados y, por consiguiente, el sistema de control de un vehículo puede comprender una pluralidad de mapas de terminación en base a las situaciones transmitidas por el sistema de supervisión funcional 320.

El cálculo del volumen de la operación de terminación segura que contiene la LAA recibida de la memoria debe, así mismo, ser utilizado durante un vuelo cuando no se haya producido ninguna emergencia con el fin de que siempre esté en una altitud de vuelo de acuerdo con la LAA en el caso de que se produjera alguna emergencia, esto es, los datos procedentes del volumen de una operación de terminación segura son también utilizados en el subsistema de control de misión principal 311 durante el vuelo cuando no se ha producido ninguna emergencia, de acuerdo con lo expuesto con anterioridad.

La información, el volumen de una operación de terminación segura, que el sistema ha calculado, así como los datos de fondo utilizados en el cálculo, como por ejemplo la relación de sustentación y resistencia aerodinámica, relación L / D de la inexistencia de zonas de vuelo, etc., son todas almacenadas en el vehículo para que el vehículo utilice la información en el curso de un vuelo normal así como en el curso de una emergencia.

Debido a la relevancia de esta información, esta información debe ser tomada en cuenta en el aspecto de la seguridad del diseño del sistema del vehículo. El almacenamiento de datos debe contar con un apartado de la seguridad correspondiente a la base de datos de un sistema de alerta de colisión con el suelo. Si fuera necesario y pudiera ser cargado un nuevo cálculo del volumen de una operación de terminación segura, este sistema debería, así mismo, incorporar un apartado de alta seguridad. En una forma de realización el almacenamiento de los datos es de un tipo de seguridad elevada.

En lugar de elaborar un terreno virtual en base a la relación de sustentación y resistencia aerodinámica, puede ser elaborado un terreno virtual en base a la capacidad del vehículo para reflejar / recibir ondas de radio. Este terreno virtual divulgaría, en lugar de un volumen de una operación de terminación segura, divulgar un volumen de comunicación segura, en el que el vehículo estaría siempre en condiciones de comunicar, o un volumen de una operación de no detección segura en el que el vehículo estaría siempre fuera del alcance de estaciones de radio conocidas y de estaciones de interceptación.

La invención suministra un procedimiento para la determinación de un volumen de una operación de terminación segura para un vehículo no tripulado que posibilita un vuelo seguro en áreas no designadas. El procedimiento está diseñado para ser completamente previsible, lo que significa que el funcionamiento del vehículo puede ser previsto incluso si se interrumpe la comunicación / contacto con el vehículo. El volumen de una operación de terminación segura puede ser utilizado como un parámetro de limitación en la planificación de una ruta regular, mientras que un vehículo no tripulado nunca planifica una ruta que no sea segura. El procedimiento, puede, así mismo, ser utilizado en vehículos controlados por un piloto, en los que los parámetros del volumen de una operación de terminación segura puedan ser representados al piloto.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la creación de una representación de un volumen de una operación de terminación segura que indica la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo de un vehículo hasta un punto de terminación de un área de interés, **caracterizado por** la etapa de la toma en consideración de zonas de vuelo no permisibles mediante la adición de la altitud de vuelo de forma que rodee dichas zonas de vuelo no permisibles al calcular la altitud de vuelo permisible más baja, procedimiento que incluye, así mismo, las etapas de:
 - a. la discretización del área de interés en áreas discretizadas;
 - b. la introducción de datos relativos a las zonas de No vuelo y la relación de Sustentación y Resistencia Aerodinámica;
 - c. la selección de al menos un punto que defina un punto de terminación;
 - d. la conmutación de la altitud de vuelo permisible más baja para los puntos adyacentes al punto que define el punto de terminación, en el que la altitud de vuelo permisible más baja es computada para admitir el planeo del vehículo hasta la altitud de vuelo permisible más baja del punto que define un punto de terminación;
 - e. la repetición de la computación de la altitud de vuelo permisible más baja para cada punto adyacente al punto computado con anterioridad, en el que la altitud de vuelo permisible más baja es computada para admitir el planeo del vehículo hasta la altitud de vuelo permisible más baja del punto computado con anterioridad; y
 - f. la repetición de las etapas d - e para todos los puntos de terminación seleccionados hasta que todos los puntos del área discretizada hayan recibido una altitud de vuelo permisible más baja, dando como resultado una superficie inferior de un volumen de una operación de terminación segura.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de la introducción de datos comprende así mismo:
 - la adición de los datos del terreno del suelo efectivo que son tenidos en cuenta al calcular el volumen de una operación de terminación segura.
3. Una representación de un volumen de una operación de terminación segura creado de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2.
4. El uso de la representación de un volumen de una operación de terminación segura de acuerdo con la reivindicación 3 para la planificación de una ruta de vuelo mediante la determinación de la altitud del plan de vuelo para que nunca caiga por debajo de la altitud permisible más baja de acuerdo con el volumen de una operación de terminación segura.
5. El uso de la representación del volumen de una operación de terminación segura de acuerdo con la reivindicación 3 para obtener un mapa de terminación (130) mediante la inclusión, así mismo, de las siguientes etapas:
 - la discretización del mapa en áreas; y
 - la determinación, para cada una de dichas etapas discretizadas, de una altitud a partir de dicho volumen de una operación de terminación segura y de un vector que indique la dirección en la que debe desplazarse un vehículo con el fin de alcanzar un punto de terminación seguro.
6. El uso de la representación de un volumen de una operación de terminación segura de acuerdo con la reivindicación 3 para la planificación de una ruta de emergencia de un vehículo cuando se produzca un fallo en el vehículo, que provoque que el vehículo no pueda completar su ruta determinada de antemano en un área de interés mediante la inclusión de las siguientes etapas:
 - a. la recepción de una indicación de que se ha producido el fallo;
 - b. el posicionamiento del vehículo;
 - c. la determinación de los parámetros de control;
 - d. el control del vehículo para que se desplace de acuerdo con los parámetros de control determinados;

en el que dichos parámetros de control incluyen una altitud leída a partir de dicho volumen de una operación de terminación segura que indica la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo hasta un punto de terminación, y una dirección leída a partir de los vectores que señalan en la dirección hacia el punto de terminación.

- 5 7. El uso de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la etapa de determinación de los parámetros de control incluye así mismo la selección de un volumen de una operación de terminación segura que indica la altitud de vuelo permitida más baja y una dirección en base a qué tipo de fallo se ha producido y que se indica.
- 10 8. El uso de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la etapa de la determinación de los parámetros de control incluye, así mismo, la selección de un volumen de una operación de terminación segura que indica la altitud de vuelo permisible más baja y una dirección en base a una indicación acerca de la dirección en la que el vehículo se está desplazando.
- 15 9. Un sistema de control para el control de un vehículo no tripulado, sistema de control que comprende:
- a. un sistema de supervisión funcional que recibe indicaciones cuando se produce un fallo;
 - b. una unidad de posicionamiento que puede posicionar el vehículo con la información de posicionamiento;
 - c. una unidad de procesamiento central que determina los parámetros de control; y
 - d. un sistema de control de vuelo que comprende:
 - 20 i. un subsistema de control de misión principal adaptado para controlar el movimiento del vehículo no tripulado de acuerdo con una ruta predefinida, en el que los parámetros de control han sido tomados en cuenta; y
 - ii. un subsistema de control de emergencia adaptado para controlar el movimiento del vehículo no tripulado de acuerdo con los parámetros de control recibidos desde la unidad de procesamiento central;
- 25 **caracterizado porque** dicho subsistema de control utiliza la representación de un volumen de una operación de terminación segura de acuerdo con la reivindicación 3, por medio de lo cual dichos parámetros de control incluyen una altitud leída a partir de dicha representación que indica la altitud de vuelo permitida más baja que define un punto de terminación para conseguir una trayectoria de planeo del vehículo hasta el punto de terminación, en el que se calcula la altitud permisible más baja para los puntos adyacentes al punto que define el punto de terminación.
- 30 10. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los parámetros de control incluyen, así mismo, una dirección leída a partir de un mapa de vectores que señala en la dirección hacia el punto de terminación en base a la posición recibida de la unidad de posicionamiento cuando se indica un fallo mediante el sistema de supervisión funcional.
- 35 11. El sistema de control de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el sistema de control comprende, así mismo, un almacenamiento de memoria con el fin de almacenar los volúmenes de una operación de terminación segura que indican la altitud de vuelo permisible más baja para conseguir una trayectoria de planeo hasta el punto de terminación, y una pluralidad de mapas con vectores que señalan en la dirección hacia el punto de terminación.
- 40 12. Un producto de programa informático que, cuando es ejecutado en una computadora, ejecuta un procedimiento de creación de un volumen de una operación de terminación segura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2.

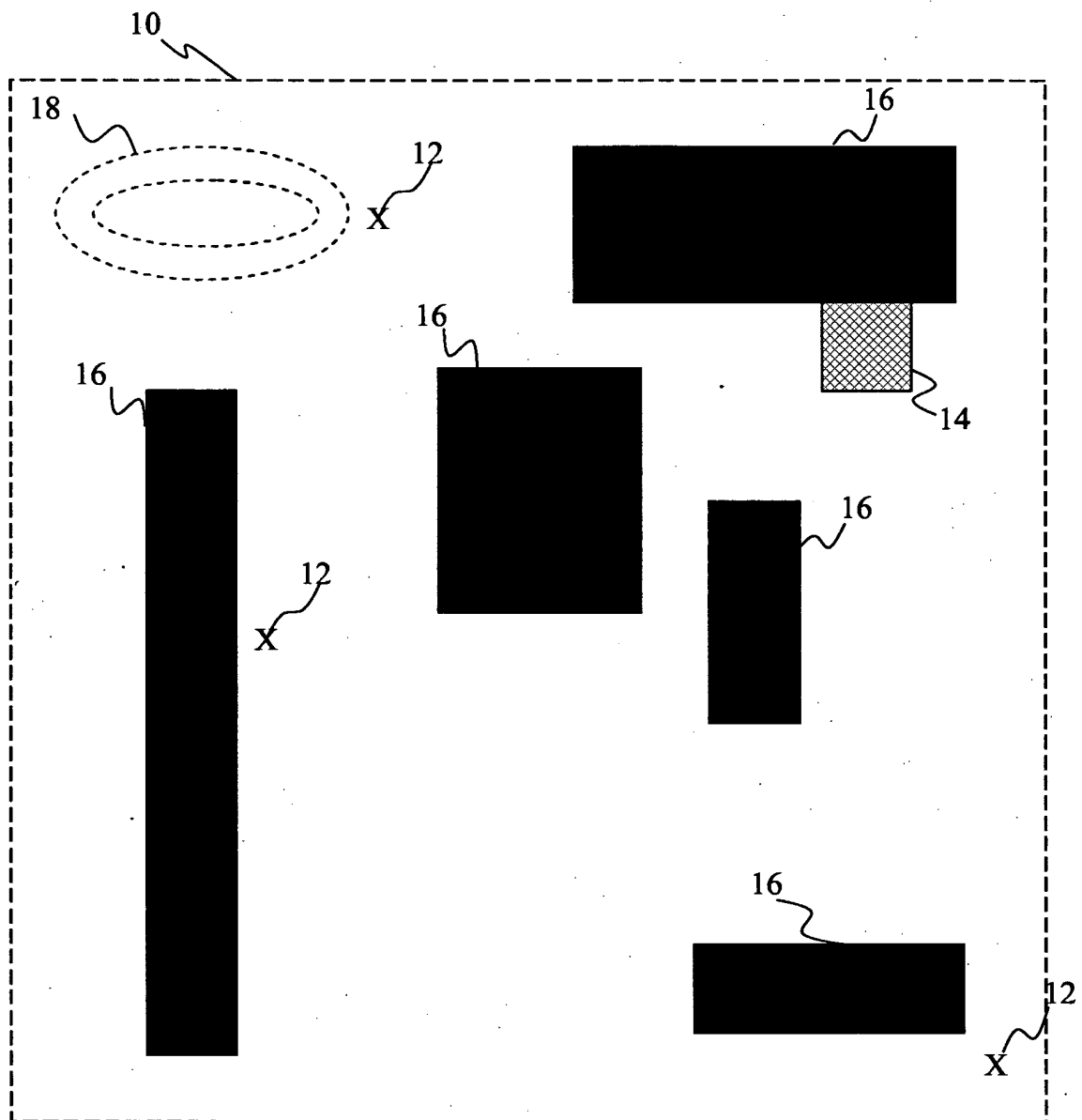


FIG. 1

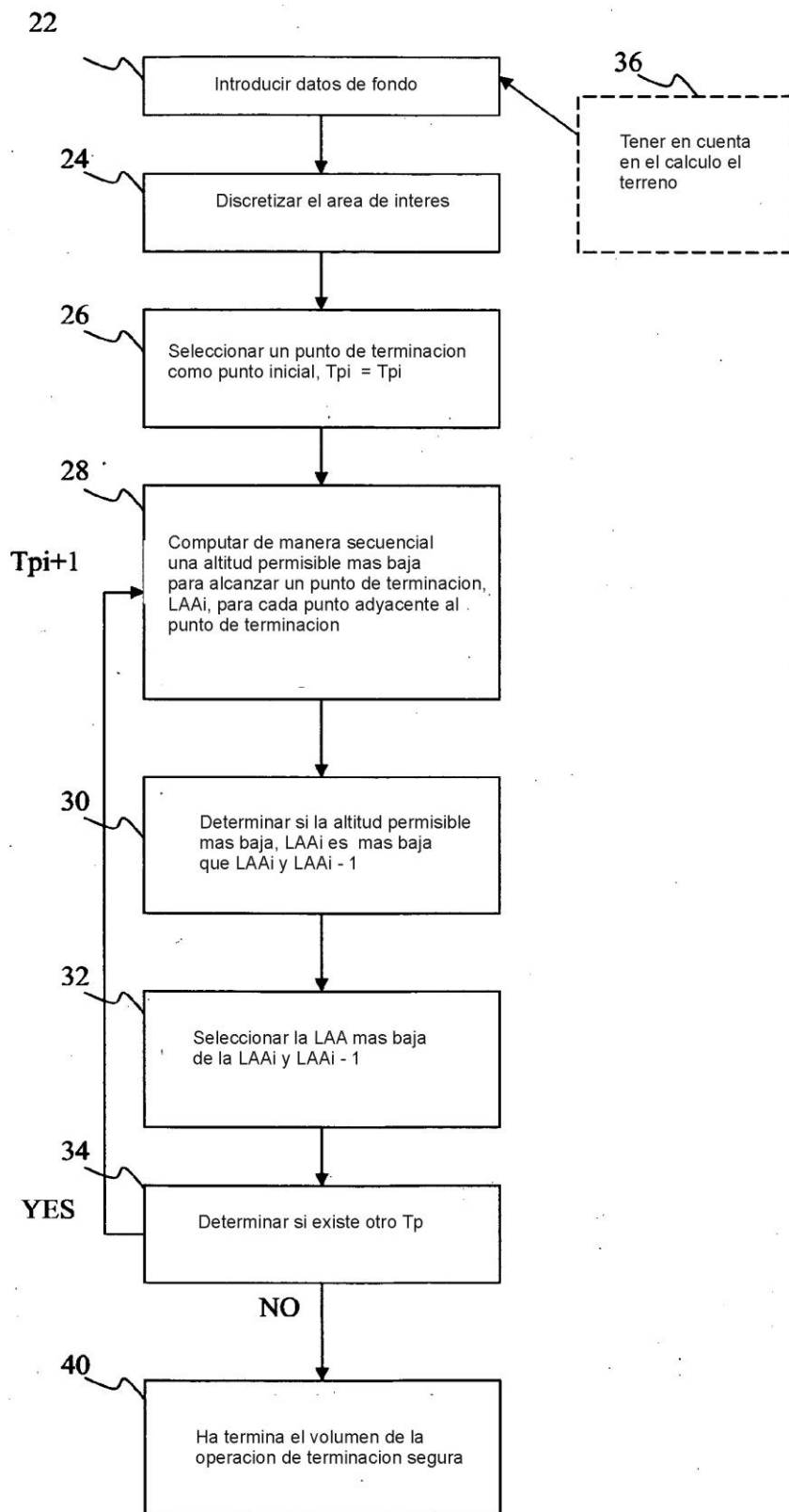


FIG. 2

5	4	3	4	5	6
4	3	2			7
3	2	Tp1			8
4	3	2			7
5	4	3	4	5	6
6	5	4	5	6	7

12

16

FIG. 3

		16			6
					5
					4
					3
			4	3	2
		4	3	2	Tp2

12'

FIG. 4

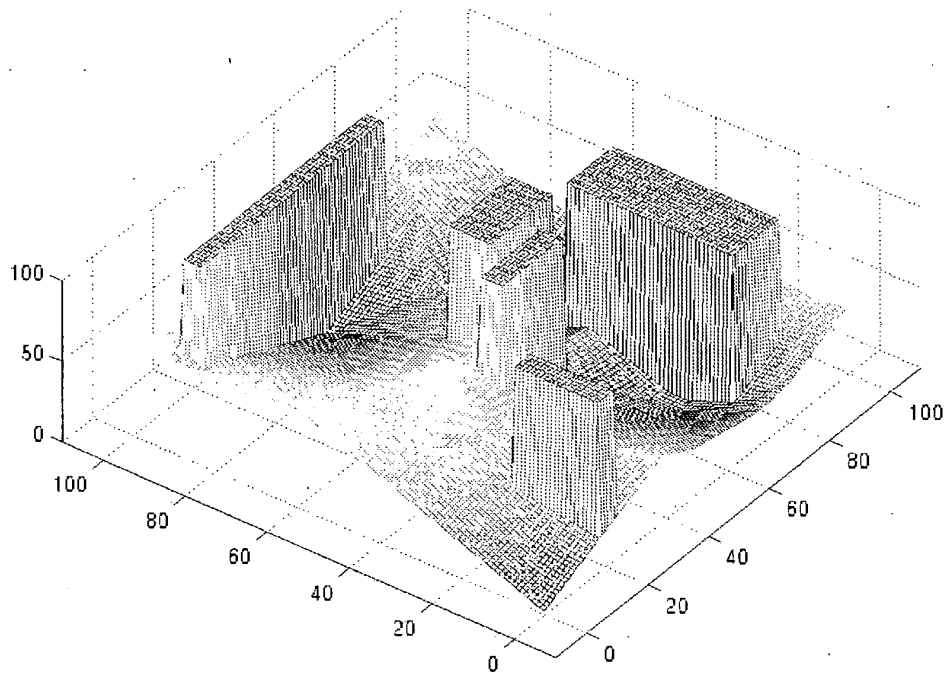


FIG. 5

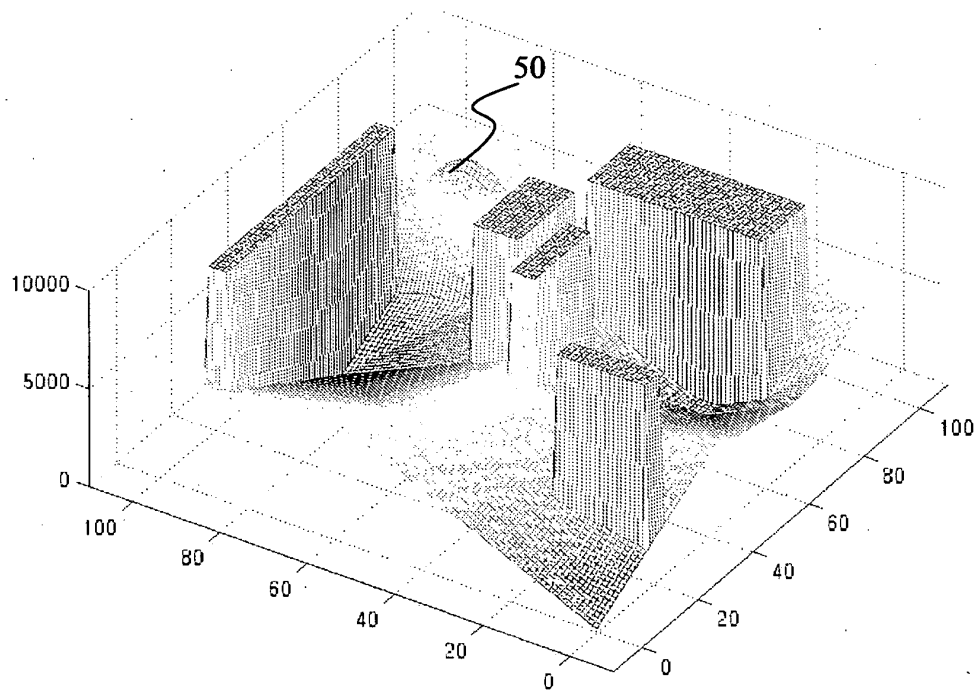


FIG. 6

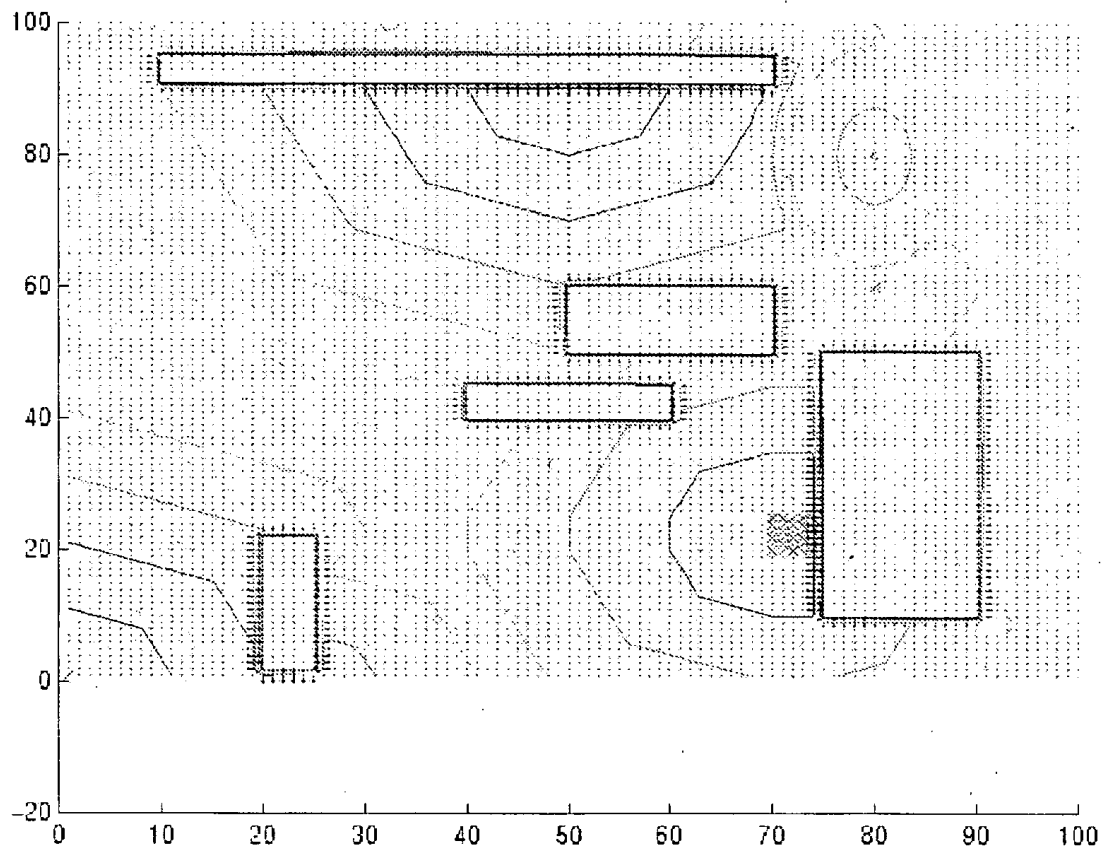


FIG. 7

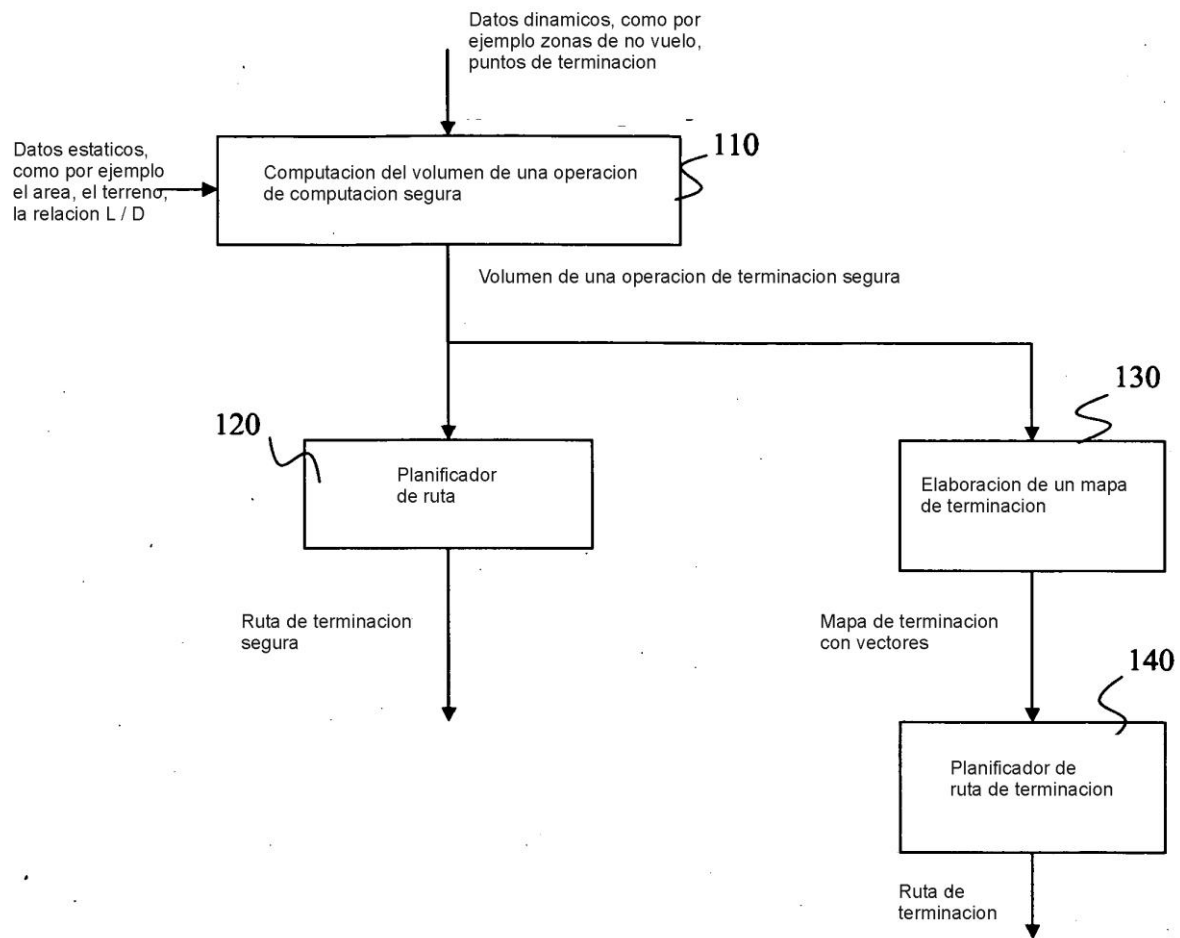


FIG. 8

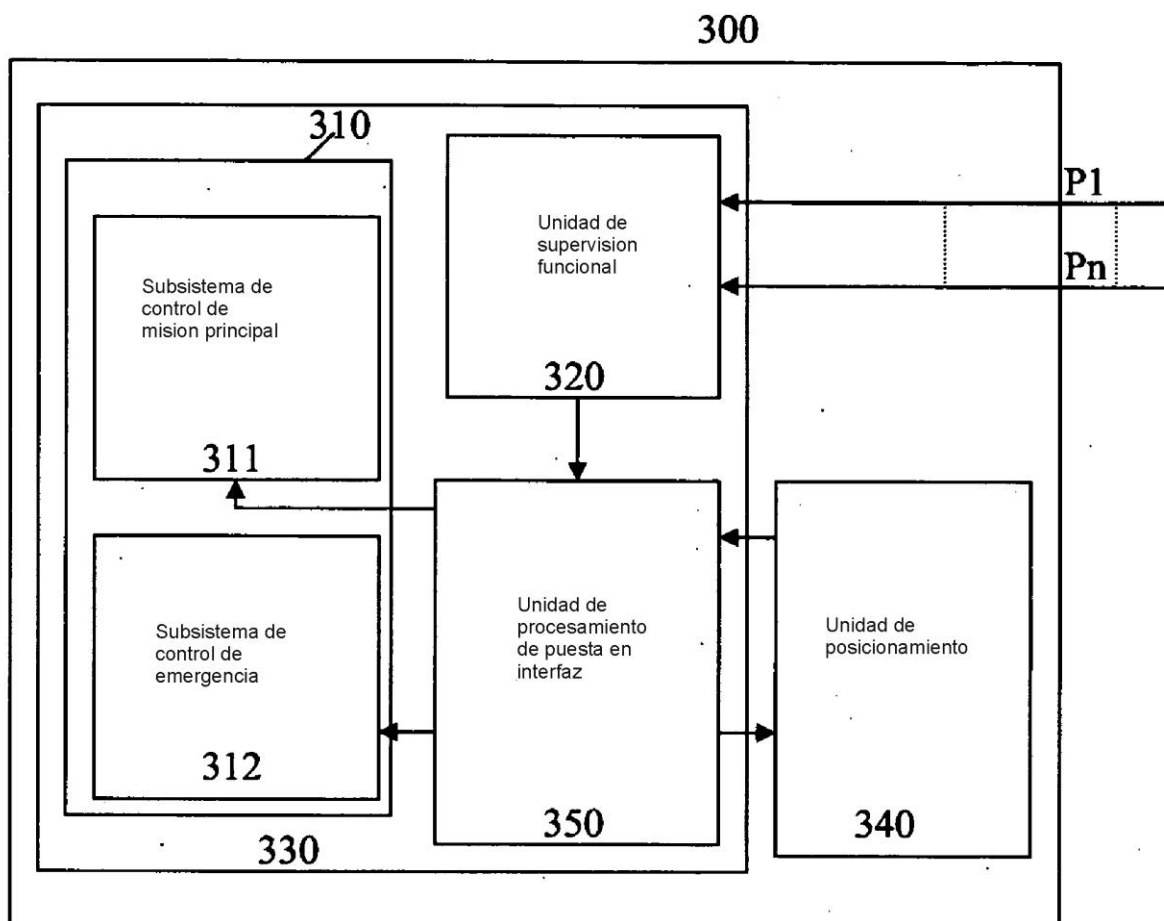


FIG. 9