

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 545**

51 Int. Cl.:

G05D 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2006** **E 06112824 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016** **EP 1857904**

54 Título: **Plan de vuelo de emergencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.06.2017

73 Titular/es:

SAAB AB (100.0%)
581 88 Linköping, SE

72 Inventor/es:

DURANTI, SIMONE y
PETRINI, ERIK

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 616 545 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

Plan de vuelo de emergencia

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de la navegación de vehículos. Más específicamente, se refiere a las rutas de terminación de un vehículo, a ser utilizado en caso de una emergencia.

Antecedentes de la invención

10 En el campo del diseño arquitectónico de los sistemas de aviónica un vehículo no tripulado táctico o de combate se utiliza a menudo para el reconocimiento, exploración del terreno o similares. Los vehículos no tripulados de todo tipo (incluyendo vehículos aéreos, terrestres, navales y submarinos) necesitan una denomina Planificación de Contingencias (CP), en la que CP se refiere a las medidas provisionales para recuperar el vehículo no tripulado tras una emergencia o interrupción del sistema. La planificación de contingencia se hace normalmente por el operario del vehículo fuera de línea (es decir, antes de una misión) e incluye toda la información que necesita el vehículo, en caso de emergencias de cualquier tipo, para poder realizarlo de manera adecuada. La planificación de contingencia cubre todos los grados de libertad (capacidades) del vehículo y normalmente es muy compleja.

15 Una situación normal de emergencia es el fallo de los enlaces de datos de comunicación. Cuando es así, el operario no puede comunicarse con ningún otro vehículo. El vehículo tiene que tomar acciones de forma autónoma, es decir, decidir a dónde ir, por lo general basándose en las instrucciones descritas en la planificación de contingencia. Otras contingencias pueden derivar de un fallo que evita que el vehículo complete la misión y alcance el punto final de la misión previsto, por ejemplo, fallo del sistema de propulsión o similares. En este caso, el vehículo tiene que planificar su camino a ubicaciones alternativas donde puede cesar su funcionamiento o apagarse de forma segura. Este tipo de planes se puede por lo general configurar y cambiar por el operario del vehículo no tripulado si los enlaces de datos están en funcionamiento y disponibles pero tienen que realizarse de forma autónoma si los enlaces de datos no están en funcionamiento.

25 La planificación de contingencia es una función crítica de seguridad que debe ser robusta, fiable, determinista y probable. En los vehículos donde la seguridad es un problema, la planificación de contingencia tiene que implementarse con altos niveles de criticidad del software, tales como "Nivel A", en referencia al documento RTCA DO-178B. El documento RTCA DO-178B es un documento elaborado por la Comisión Técnica de Radio para la Aeronáutica que define las directrices para el desarrollo del software de aviación. Para mantener los costes de desarrollo en un nivel aceptable, la planificación de contingencia se debe mantener a un nivel muy simple.

30 El documento US-A1 20040249519 divulga un sistema que evita la fuga incontrolada no intencional de un avión modelo de control por radio, proporcionando un sistema de control de vuelo programable automatizado basándose en la navegación GPS. En caso de pérdida de potencia del transmisor, el avión modelo se dirigiría por componentes de UAV a un área segura predeterminada tal como de vuelta a la trayectoria de vuelo normal del piloto.

35 El resumen de la patente JP-A-2005-017.027 divulga un procedimiento para proporcionar un sistema de guiado de escape. Un dispositivo receptor recibe una solicitud de orientación de escape y la información sobre la posición actual de un teléfono móvil con funcionalidad GPS. Una base de datos de información sobre desastres y una base de datos de información cartográfica almacenada en una base de datos se buscan basándose en la información de posición para encontrar una ruta menos peligrosa a un área de escape cerca de la posición.

40 El documento US-A1-2004/0193334 se relaciona con el control remoto de un vehículo aéreo no tripulado, UAV. El mismo vuela de acuerdo con una ruta primaria y cuando ocurre una emergencia, el UAV se controla para volar en una ruta alternativa y si se detecta fallo de motor el UAV se controla para volar a un punto de la trayectoria en el que es seguro terminar el vuelo del UAV.

Las soluciones de la técnica anterior, sin embargo siguen siendo bastante complejas y dependientes de la misión. Por tanto, existe la necesidad de un plan simple de cambio de ruta fiable que sea independiente de la misión.

45 El objeto general de la invención es proporcionar un UAV que cuando dicho vehículo tenga que salir de una ruta planificada o de la ruta de la misión debido a ciertas contingencias de emergencia, el vehículo no tripulado sepa dónde moverse a continuación para concluir la misión de la forma más segura. En resumen, un objeto principal de la invención es proporcionar un plan de vuelo de emergencia que sea versátil, compacto y que no requiera mucha capacidad de cálculo para su ejecución. Un aspecto de este objeto es proporcionar un procedimiento para la navegación de emergencia que no necesite de una gran cantidad de recursos de cálculo durante la ejecución del procedimiento.

50 Un aspecto ejemplar adicional de la presente divulgación es poder planear con anterioridad diferentes rutas complicadas, teniendo en cuenta las zonas donde el UAV no pueda o no se le permita volar, etc.

55 Otro objeto es proporcionar un procedimiento que requiere ninguna, o un mínimo de comunicación con el vehículo aéreo no tripulado.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos y a un plan de viaje de emergencia definidos en las reivindicaciones independientes 1, 6, 10, 18 y 19.

5 La presente divulgación se refiere a un plan de vuelo de emergencia que se puede utilizar en una aeronave provista de un sistema de navegación en el que dicho plan de vuelo comprende una matriz de punteros que comprende un número de celdas. Cada celda de dicha matriz tiene una identificación única y cada celda corresponde a un área geográfica y cada celda de dicha matriz comprende una identificación de una celda que corresponde a un punto de encaminamiento siguiente en una ruta de emergencia.

10 La presente invención se refiere además a un procedimiento para la preparación de un plan de vuelo de emergencia del tipo descrito anteriormente, que comprende las etapas de; dividir un mapa de dicha área geográfica en una cuadrícula que forma las celdas que forman una cuadrícula; indicar la identificación de cada celda; seleccionar los puntos de terminación TP en dicha área de interés; y determinar los punteros de cada celda que apuntan a una celda utilizando la identificación de indicación para configurar la ruta de emergencia en la que todos los punteros forman dicha matriz de punteros.

15 La presente invención divulga también un procedimiento para el control de vuelo de emergencia utilizando el plan de vuelo descrito anteriormente que comprende las etapas de recibir una indicación de que un fallo se ha producido en la aeronave; determinar la posición de la aeronave en dicha área geográfica, en la que dicha área se divide en una cuadrícula que forma las celdas en las que cada una se identifica mediante un ID de celda; determinar la ID de celda de la aeronave basándose en la posición de la aeronave; recuperar desde dicha ID de celda de la aeronave un puntero a dónde dirigir la aeronave a partir de dicha matriz de punteros que corresponde a la cuadrícula de dicha área; y ejecutar la dirección del vehículo no tripulado a la ID de celda que el puntero ha indicado.

20 La presente invención divulga un plan de viaje de emergencia que se puede utilizar para un vehículo provisto de un sistema de navegación, dicho plan de viaje comprende una matriz de punteros que comprende un número de celdas en la que cada celda de dicha matriz tiene una identificación única y cada celda corresponde a un área geográfica, y en la que cada celda de dicha matriz comprende una identificación de una celda que corresponde a un punto de encaminamiento siguiente en una ruta de emergencia.

25 Adicionalmente, la presente memoria divulga una estructura de datos que se puede utilizar como un plan de precaución y como un plan de vuelo de emergencia a bordo de una aeronave donde dicha estructura de datos comprende un número de registros, correspondiendo cada registro a un área geográfica limitada, y abarcando los registros, en su conjunto, un área de interés para una aeronave que tiene una misión, cada registro capaz de contener datos representativos de una identificación de un punto de encaminamiento siguiente en una ruta de emergencia.

30 La presente invención proporciona un procedimiento independiente de la misión, en el que el mapa de un área de interés solo tiene que prepararse una vez. Este mapa se puede utilizar a continuación para varias misiones que tienen lugar en el área de interés. El procedimiento permite la planificación previa de las rutas complicadas donde obstáculos difíciles, tales como zonas de exclusión aérea y similares, se tienen en cuenta. El procedimiento solo requiere el uso de recursos de cómputo pesado para configurar la matriz y de manera concluyente el UAV no tiene que realizar una gran cantidad de trabajo computacional arduo durante el vuelo. Como se ha indicado anteriormente, la planificación de contingencia cubre todos los grados de libertad del vehículo, mientras que la invención se refiere únicamente a la planificación espacial (es decir, dónde volar, navegar, deslizarse, etc.).

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá con más detalle a continuación con referencia a un número de realizaciones preferidas y a los dibujos adjuntos, de los que

45 las Figuras 1a-11 ilustran esquemáticamente cómo se produce una matriz de acuerdo con la invención; la Figura 2 muestra un diagrama de bloques de un procedimiento de acuerdo con una realización de la invención; la Figura 3 ilustra esquemáticamente un sistema de procesamiento de señal de acuerdo con una realización de la invención; la Figura 4 divulga esquemáticamente una matriz de trayectoria de vuelo tridimensional producida de acuerdo con una realización de la presente invención; y
50 la Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de fabricación de una matriz de acuerdo con una realización de la invención.

Descripciones detalladas de las realizaciones de la invención

55 Con referencia a las Figuras 1A-1, abarcado dentro del alcance de la presente invención se presenta un procedimiento de construcción de una matriz de trayectoria de vuelo que incluye punteros que dirigen un vehículo aéreo no tripulado UAV a un punto de terminación cuando se produce una emergencia, tales emergencias pueden ser fallo del motor, daños, fallo eléctrico o similares. El procedimiento se describe a continuación con la ayuda de

mapas intermedios y matrices de datos que son los resultados intermedios cuando se utiliza el procedimiento. Con referencia a continuación a la Figura 1a, el procedimiento comienza inicialmente por un operario quien prepara una operación de misión de vuelo con un vehículo aéreo no tripulado en el área de Linköping. La Figura 1a muestra un mapa del área de interés.

- 5 Se debe entender que el mapa es *per se* no necesario para ejecutar la invención sino meramente una ayuda para entender la correspondencia entre las celdas y el área geográfica. Por lo tanto, el mapa se ha omitido de las Figuras 1c-1i. Si el mapa se omite, la capacidad de memoria del sistema de procesamiento del UAV se puede aumentar.

Con referencia a la Figura 1b, el mapa se divide en celdas; el mapa se divide en celdas mediante la aplicación de una cuadrícula de malla cuadrada en el mapa del área de interés. Sin embargo, la forma y el tamaño de las celdas pueden ser cualquier forma y tamaño. Una ventaja de utilizar celdas cuadradas es que un área se puede representar mediante un elemento de memoria única, véase más abajo. La cuadrícula se utiliza para identificar cada celda. En la Figura 1c las celdas se identifican utilizando los índices de filas y columnas regulares (J4). En la Figura, las filas (1-10) se indican en orden numérico y las columnas se indican en orden alfabético (AK). Sin embargo, cualquier tipo de indicación de identificación se puede utilizar para identificar una celda con tal de que la celda reciba una ID única.

15 Con referencia a la Figura 1d, el operario ha determinado y marcado en el mapa las celdas donde un UAV debe cesar su funcionamiento, es decir, precipitarse, aterrizar o similar, por lo que estas celdas son denominadas áreas T de terminación. Estas áreas de terminación se pueden elegir basándose en la vegetación abierta, configuración del terreno, escondidas de los alrededores, preferencias del operario o similares, otros ejemplos pueden ser áreas donde los vuelos pueden cesar su funcionamiento sin dañar a las personas o causar daños materiales intolerables.

20 Además el operario determina cuáles celdas serán las denominadas Zonas De Exclusión De Vuelo NFZ. Estas NFZ son áreas que el vehículo aéreo no tripulado puede no ser capaz de volar o donde es peligroso volar. Tales áreas incluyen líneas eléctricas/telefónicas abiertas, áreas abiertas, en general, cuando el vehículo aéreo no tripulado quiere permanecer invisible, edificios a través de los que el UAV no puede pasar, terrenos donde el UAV no puede pasar o similares. El terreno puede ser incluso de mayor importancia cuando se utiliza la invención en un vehículo terrestre o en un vehículo sumergido. Las NFZ se determinan por el operario y se marcan en la cuadrícula del mapa.

25 Se debe entender que la determinación de las áreas T y NFZ puede en otras realizaciones hacerse por cálculo basando el procedimiento/cálculo en la configuración del terreno, así como en los valores introducidos por los operarios. Haciendo referencia a la Figura 1e, las celdas T₁-T₃ identificadas y las NFZ se hacen discretas para que coincidan con la representación discreta del terreno, por ejemplo, una celda que se marca parcial o ligeramente como una NFZ está totalmente indicada como NFZ. Sin embargo, un área T de terminación solo se indica como una celda T si la celda se marca completamente como una celda de terminación.

30

Dependiendo de la posición del UAV cuando se produce el fallo, es posible planificar una ruta, es decir, una secuencia de celdas que se identifican por sus ID únicas, lo que lleva el UAV al área T de terminación más cercana. En la Figura 1f se muestra cómo las diferentes celdas apuntan a diferentes celdas/áreas T₁-T₃ de terminación, por ejemplo la celda A1 apunta directamente a F4 debido al hecho de que ninguna NFZ se sitúa entre la celda A1 y el punto F4 de terminación. Lo mismo se aplica para la celda F1 y la celda H10, celdas que apuntan directamente al área K7 de terminación para indicar que el UAV debería cesar su funcionamiento durante un fallo de emergencia. La distancia entre las diferentes áreas de terminación debe ser lo suficientemente corta como para que el UAV pueda ser capaz de llegar a una de las áreas de terminación cuando se produce una anomalía entre las áreas de terminación. Cuando se produce un fallo en la celda G8 por ejemplo, la celda G8 no puede apuntar directamente a un punto de terminación debido a las NFZ entre el punto del fallo y el punto de terminación, en lugar la celda G8 apunta a un punto de encaminamiento intermedio para evitar las NFZ. En el ejemplo, la celda G8 apunta a la celda F8 que apunta al punto F5 de terminación, en la Figura 1F también el ejemplo de C10 que apunta a C5 que apunta además al punto F5 de terminación se ilustra. Estas trayectorias pueden, en una realización, producirse a mano, por ejemplo, un operario que selecciona los punteros o pueden, en otra realización, calcularse con una técnica automática de planificación de trayectoria, no mostrada y probablemente se utiliza mejor cuando la cuadrícula está muy bien engranada y el mapa es bastante complejo en configuración.

40

45

La determinación de a cuál punto T de terminación debe apuntar celda se puede hacer utilizando un algoritmo de ruta más cercano que trabaja de manera iterativa, por ejemplo, un punto T₁ de terminación se elige como punto de partida y las celdas adyacentes se calculan para apuntar dicho T₁. Esta determinación se realiza para todas las celdas de la cuadrícula, no siendo una NFZ seleccionada, lo que da como resultado que todas las celdas, ya sea directamente o a través de celdas intermedias, apunten a T₁. Este procedimiento se ejecuta después repetidamente para el siguiente punto T₂ de terminación y el resultado de este procedimiento se compara con el resultado del cálculo ejecutado anteriormente y el puntero que apunta al punto de terminación que genera el puntero con la ruta más corta se determina que es el puntero de esa celda. En el ejemplo ilustrado, un cálculo adicional que parte del punto T₃ de terminación se ejecuta y se compara con los resultados anteriores.

50

55

El objetivo principal de la invención es asignar solo un punto diana para cada celda, en el que el punto diana puede ser un punto intermedio o un punto de terminación. Los puntos de terminación se indican a sí mismos como un punto de terminación. Como se divulga en la Figura 1g, los punteros de las diferentes celdas se han establecido con índices que identifican las celdas a las que el puntero está señalando. En la Figura 1h, todas las celdas que son capaces de sobrevolar tienen un índice que identifica un punto de encaminamiento siguiente en una ruta de emergencia. En la Figura 1i una ruta de emergencia se resalta desde la celda G9, en la que la ruta de terminación

60

contiene índices que generan secuencialmente una ruta de terminación, por ejemplo G-8-F8-F5. Cuando todas las celdas están provistas de un cierto puntero, una matriz de punteros como se describe en la Figura 11 se configura y se puede utilizar en diferentes misiones de vuelo sobre el área divulgada en la Figura 1a.

5 Con referencia a la Figura 2, un vehículo aéreo no tripulado está volando sobre un área de interés de acuerdo con una trayectoria predeterminada. De repente, un fallo de motor del UAV se produce y a partir de un sistema de posicionamiento del UAV, como el GPS, INS o similares, la latitud y la longitud del UAV de la situación de emergencia se recibe y lee como se indica en 210. En la etapa 220, los datos de latitud y longitud se traducen en una ID de celda correspondiente a una celda de la matriz del plan de vuelo. En el ejemplo de la realización ilustrada en la Figura 2, la ID de celda se determina para ser G8. Leído desde una matriz de punteros del área de interés el puntero de la celda G8 apunta al punto F8 de encaminamiento, como se indica en la etapa 230. En la etapa 240, la lectura de los punteros de la matriz de punteros se repite hasta que un puntero apunta a un punto de terminación que se puede calcular si el puntero está apuntando a sí mismo. En la realización ilustrada, la celda F8 apunta además a F5 que se indica como punto de terminación, ya que apunta a sí mismo. En la etapa 250, la secuencia o si es solo un índice, se produce cuando la situación de emergencia se produce en una celda que es un punto de terminación, se traduce en instrucciones de vuelo en el sistema de control de vuelo del vehículo. Esta traducción se puede realizar de una manera normal tal como calculando un rumbo a seguir de la posición actual, conocida a partir de la latitud y longitud del vehículo en la situación de emergencia como se ha indicado anteriormente, a la posición de la celda apuntada, la latitud y la longitud del centro de dicha celda proporcionadas a partir de un mapa o similar. En conclusión, el sistema de control del UAV ejecuta y dirige el vehículo para cesar su funcionamiento en el lugar F5 deseado indicado en 260.

Con referencia a continuación a la Figura 3, un sistema 300 de procesamiento de señal de un UAV se divulga muy esquemáticamente, sistema que incluye una unidad 330 de procesamiento central CPU y una unidad 340 de posicionamiento. La CPU incluye un sistema 310 de control de vuelo a bordo, un sistema 320 de control funcional y una unidad 350 de procesamiento de interfaz. El sistema 310 de control de vuelo a bordo contiene un subsistema 311 de control de la misión principal y un subsistema de control de emergencia. El subsistema 311 de control de la misión principal se adapta para controlar el vehículo para viajar de acuerdo con una ruta primaria establecida por un operario y preferentemente almacenada en el subsistema 311. Por consiguiente, el subsistema 312 de control de emergencia se adapta para controlar el vehículo para volar de acuerdo con una ruta de emergencia, sin embargo de acuerdo con los comandos recibidos de la unidad 350 de procesamiento de interfaz como se ha descrito anteriormente.

El sistema 320 de control funcional está supervisando un conjunto de parámetros de control de vuelo indicados en la Figura 3 como P1-Pn. Cuando estos parámetros caen fuera de un intervalo aceptable, el sistema de supervisión funcional determina que ha ocurrido un fallo, estos fallos pueden ser fallo de motor, problema eléctrico o similares. El sistema de supervisión funcional establece una condición de alarma importante y relevante. Cuando una condición de alarma importante correspondiente se recibe en la unidad 350 de procesamiento de interfaz del sistema 320 de supervisión funcional la unidad 350 de procesamiento de interfaz controla los datos de posicionamiento determinados en la unidad 340 de posicionamiento utilizando la técnica de GPS, sistema de navegación inercial o similares. La latitud y la longitud se reciben en la unidad 350 de procesamiento de interfaz y la ID de celda se calcula a partir de la latitud y la longitud del UAV. Una matriz de punteros que contiene punteros se almacena en la unidad de procesamiento de interfaz o en una memoria independiente de la CPU, a partir de la ID de celda que se ha calculado se puede proporcionar una ruta de terminación utilizando la matriz de punteros como se ha descrito anteriormente. De lo que la matriz de punteros divulga los comandos de vuelo se transfieren al subsistema de control de emergencia para dirigir el UAV a un punto de terminación predeterminado. Se debe entender que la matriz puede ser diferente debido a cuál fallo sea reportado por el sistema 320 de control funcional. En una realización, una matriz se utiliza para el fallo de motor, mientras que cuando el fallo está en el sistema eléctrico se utiliza, entonces, una matriz que apunta a los puntos de terminación con mayores distancias de viaje. Estos son meramente ejemplos y la cantidad de matrices que se pueden almacenar en el sistema de señalización de control del UAV se limita únicamente a los requisitos de memoria.

Con referencia a la Figura 4, de acuerdo con otra realización, se divulga un procedimiento en el que el mapa se configura como un mapa de celdas tridimensional para implementar la altitud como un parámetro de vuelo, también. Este mapa de celdas tridimensional también es muy útil cuando el vehículo no tripulado es un vehículo terrestre, así como un vehículo sumergido bajo el agua. La invención funciona como se ha descrito anteriormente, con la diferencia de que las celdas apuntan en la dirección de la profundidad, por tanto, esto resulta en una matriz tridimensional que es un poco más compleja que la utilizada en el caso de dos dimensiones. Sin embargo, la invención que utiliza la matriz tridimensional es *per se* no compleja y muy útil para demostrar trayectorias o rutas de terminación alternativas para el vehículo no tripulado que está en peligro.

Con referencia a continuación a la Figura 5, se muestra una realización de la invención de crear una matriz de trayectoria de terminación de punteros y se indica generalmente con el número 500. En la etapa 51, un área de interés, representada por un mapa o similar, se divide por una cuadrícula para formar celdas del área de interés. Como se ha indicado anteriormente, la estructura de cuadrícula puede ser bidimensional o tridimensional. En la etapa 520, las celdas que se han formado en la etapa 510 se identifican mediante la indicación de una ID de cada celda, en el ejemplo anterior las celdas se indican con referencia a las columnas y filas pero cualquier forma de

identificar las celdas en una cuadrícula se puede emplear. En la etapa 530 de la realización ilustrada, un operario selecciona los puntos TP de terminación basándose en las preferencias seleccionadas, tales como vegetación abierta, configuración del terreno, escondidos de los alrededores, no siendo un área poblada o similares. La selección de los TP se puede hacer manualmente o se calcula utilizando una serie de parámetros tales como las preferencias seleccionadas mencionadas. En la etapa 540 el operario determina y marca las zonas de celdas o celdas individuales donde no se permite o desea el paso, movimiento, vuelo o similar de un vehículo no tripulado, una denominada Zona De Exclusión De Vuelo NFZ. La marca se puede basar en las áreas pobladas, edificios, montañas o similares, en las que o bien no es posible pasar o donde no se quisiera dejar que el vehículo no tripulado se mueva a través de las celdas. En la etapa 550 un puntero se determina para cada una de las celdas divididas, el puntero indica a dónde se debe mover un vehículo en la celda. El puntero apunta ya sea directamente a un punto TP de terminación o a una celda intermedia para evitar las NFZ. Esto puede dar como resultado una trayectoria de terminación que consiste en una pluralidad de celdas intermedias, una cadena de celdas, apuntando secuencialmente una a otra y que termina en un punto de terminación. El puntero del ejemplo ilustrado en la Figura 1 es el índice que indica la identificación de la celda donde se mueve, tal como el índice de la fila-columna o similares. Esto se hace para cada celda del mapa dividido. En la etapa 560, cuando se han procesado todas las celdas, una matriz de punteros se configura utilizando todos los punteros de cada celda como también se muestra en la Figura 1j.

En conclusión, una aplicación posible de la presente invención se refiere a la trayectoria de vuelo de emergencia con respecto a la posición del UAV, de manera recurrente, como sigue;

El dominio de configuración espacial del vehículo, el cielo para un UAV, el mar para un sistema submarino y así sucesivamente, se divide en celdas de dimensiones adecuadas. Las celdas pueden ser bidimensionales (columnas) o tridimensionales (cubos).

Cada celda se identifica por su ID, número, símbolo único o similares.

Cada celda tiene un puntero asociado que apunta a otra celda. Este puntero puede ser diferente a partir de cuál emergencia se ha producido, por ejemplo, uno para "pérdida de comunicación", uno para "fallo de motor y similares". El puntero indica a cuál celda se debe mover el vehículo a continuación.

Todos los punteros componen una matriz, bidimensional o tridimensional. Hay una matriz para cada caso de emergencia de interés. Las matrices contienen toda la información necesaria para manejar las contingencias. Las matrices se generan preferentemente fuera de línea, antes de la misión, una sola vez para un área determinada. Ninguna acción específica para la misión es requerida por el operario.

Divulgada adicionalmente en la presente memoria, se proporciona una estructura de datos que se puede utilizar como un plan de precaución y como un plan de vuelo de emergencia a bordo de una aeronave donde dicha estructura de datos comprende un número de registros, correspondiendo cada registro a un área geográfica limitada, y abarcando todos los registros un área de interés para una aeronave que tiene una misión, siendo cada registro capaz de almacenar datos representativos de una identificación de un punto de encaminamiento siguiente en una ruta de emergencia. La ruta de emergencia termina en un registro correspondiente a un punto de terminación y la ruta de emergencia comprende al menos un registro que corresponde a un punto de encaminamiento intermedio para evitar que la ruta de emergencia pase a través de los registros que no son admisibles para ser sobrevolados.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un plan de viaje de emergencia que se puede utilizar para un vehículo provisto de un sistema de navegación **caracterizado porque** dicho plan de viaje comprende una matriz de punteros que comprende un número de celdas en la que cada celda de dicha matriz tiene una identificación única y cada celda corresponde a un área geográfica, y en la que cada celda de dicha matriz comprende una identificación de una celda que corresponde a un punto de encaminamiento siguiente en una ruta de emergencia.
2. Un plan de viaje de emergencia de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la ruta de emergencia termina en una celda correspondiente a un punto de terminación.
- 10 3. Un plan de viaje de emergencia de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la ruta de emergencia comprende al menos una celda que corresponde a un punto de encaminamiento intermedio para evitar que la ruta de emergencia pase a través de las celdas en las que no se permite el movimiento a través de las mismas.
4. Un plan de viaje de emergencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** la matriz de punteros es de estructura bidimensional.
- 15 5. Un plan de viaje de emergencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** la matriz de punteros es de estructura tridimensional.
6. Un procedimiento para la preparación de un plan de viaje de emergencia del tipo descrito en la reivindicación 1 que comprende las etapas de;
- 20 a. dividir un mapa de dicha área geográfica en una cuadrícula (510) que forma celdas;
 b. indicar la identificación de cada celda (520);
 c. seleccionar puntos TP de terminación en dicha área de interés (530); y
 d. determinar los punteros de cada celda que apuntan a una celda utilizando la identificación de indicación para establecer la ruta de emergencia en la que todos los punteros forman dicha matriz (560) de punteros.
7. Un procedimiento de preparación de un plan de viaje de emergencia de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además la etapa de;
- 25 c. ii) seleccionar y marcar las celdas en las que no se permite o no se puede mover el vehículo a través de las mismas.
8. Un procedimiento de preparación de un plan de viaje de emergencia de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la etapa de determinación de punteros incluye además la etapa de evitar apuntar a una celda que podría hacer que el vehículo se mueva a través de las celdas que están marcadas como inadmisibles o incapaces de moverse a su través.
- 30 9. Un procedimiento de preparación de un plan de viaje de emergencia de acuerdo con las reivindicaciones 6-8, en el que la etapa de determinación de punteros incluye que el puntero apunte directamente a un punto de terminación.
10. Un procedimiento de control de vuelo de emergencia utilizando el plan de viaje de la reivindicación 1 que comprende las etapas de
- 35 a. recibir una indicación de que ha ocurrido un fallo en el vehículo;
 b. determinar la posición del vehículo en dicha área geográfica, en la que dicha área se divide en una cuadrícula que forma las celdas en las que cada una se identifica mediante una ID de celda;
 c. determinar la ID de celda del vehículo basándose en la posición del vehículo;
 d. recuperar desde dicha ID de celda del vehículo un puntero a dónde dirigir el vehículo a partir de dicha matriz de punteros que corresponde a la cuadrícula de dicha área; y
 e. ejecutar la dirección del vehículo no tripulado a la ID de celda que el puntero ha indicado.
- 40 11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la etapa de comparar la ID de celda para recibir un puntero, el puntero comprende una cadena de ID de celdas que forman la ruta de emergencia.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la etapa de ejecutar la dirección del vehículo comprende dirigir el vehículo de acuerdo con la cadena de ID de celdas secuencialmente.
- 45 13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en el que el procedimiento comprende además; cesar el funcionamiento del vehículo cuando el vehículo ha llegado a la celda que es un punto de terminación.
14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que la matriz de punteros está configurada de antemano y basa sus punteros en el área geográfica y en el que los punteros apuntan ya sea a un punto de terminación o a un punto intermedio.
- 50

15. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 10-14, en el que antes de la etapa de comparación se realiza una etapa de selección en la que una matriz de punteros se selecciona basándose en las indicaciones de cuál fallo ha ocurrido en el vehículo no tripulado.

5 16. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 10-15, en el que la estructura de cuadrícula del área de interés es bidimensional.

17. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 10-15, en el que la estructura de cuadrícula del área de interés es tridimensional.



FIG 1a

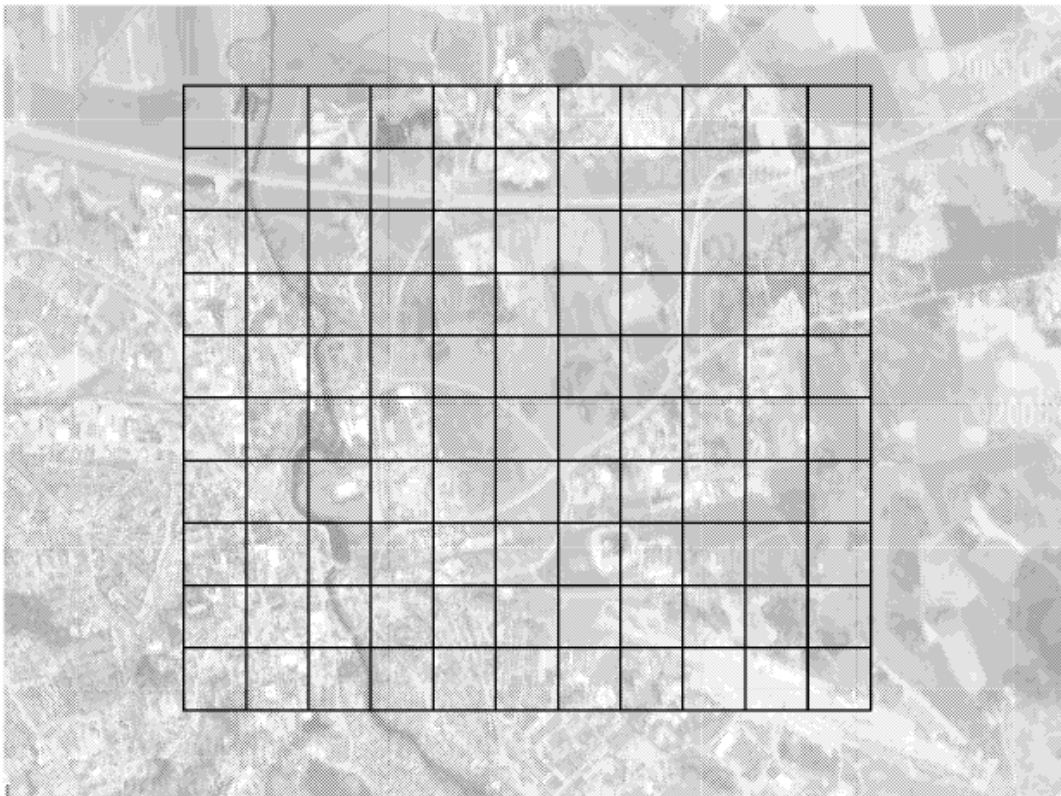


FIG 1b

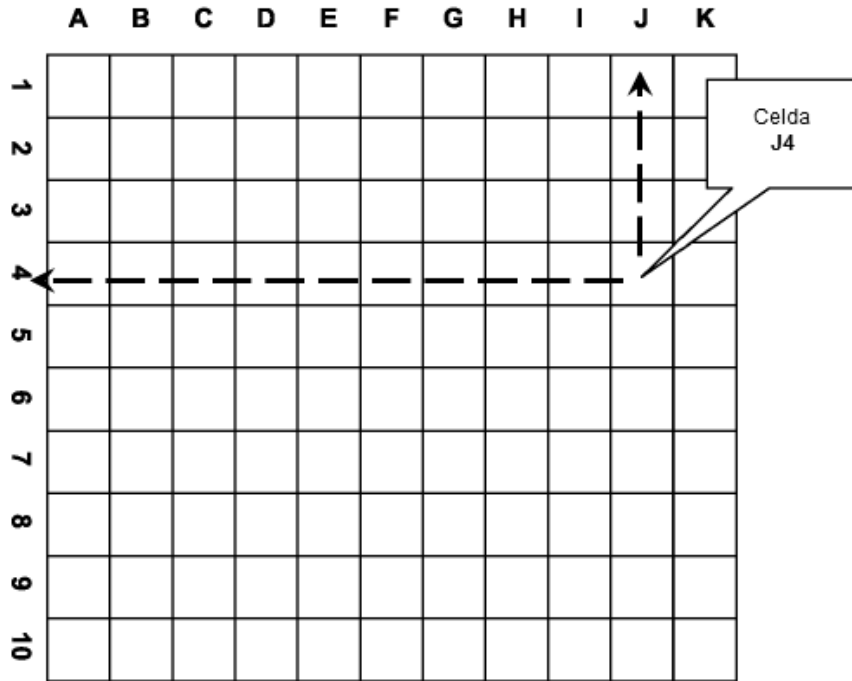


FIG 1c

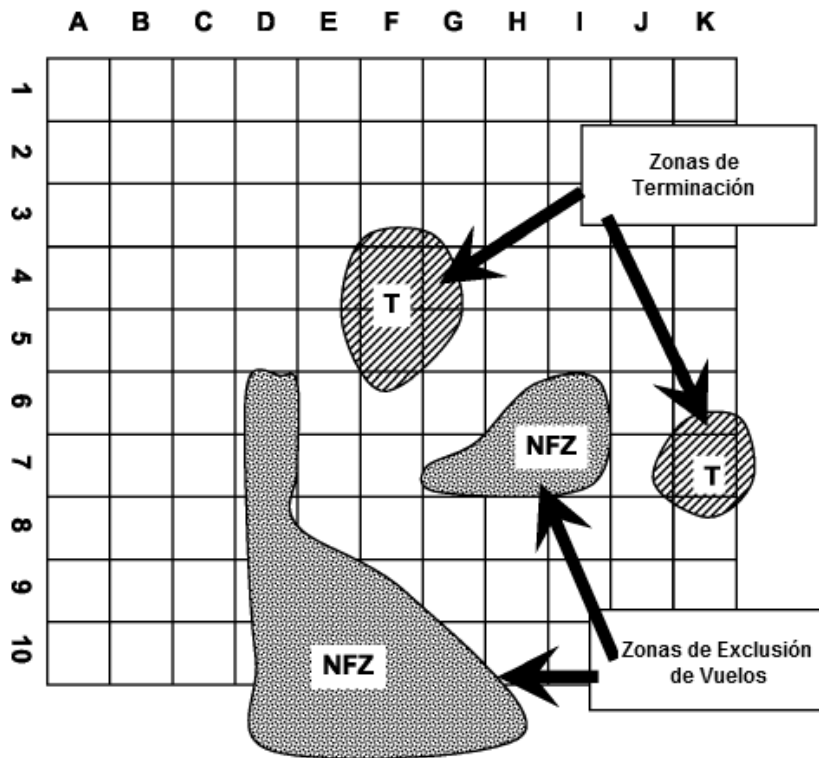


FIG 1d

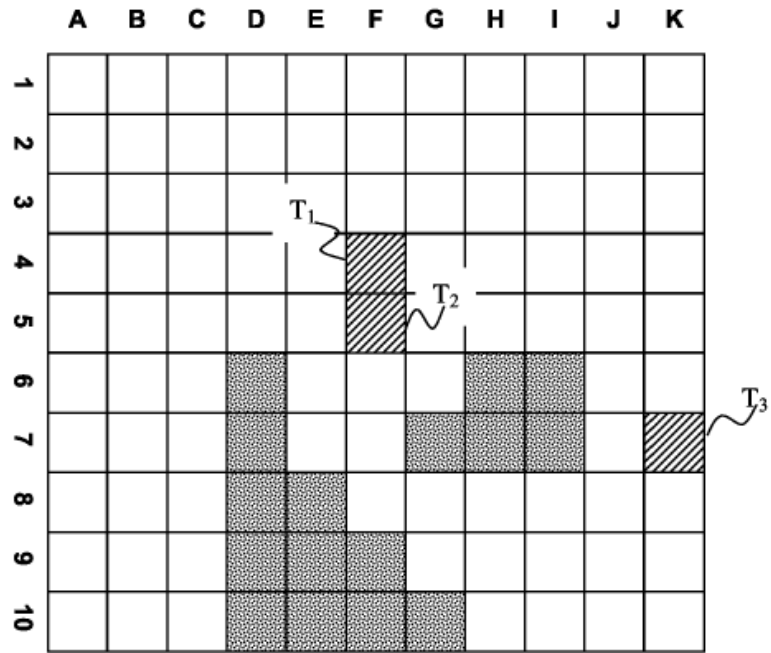


FIG 1e

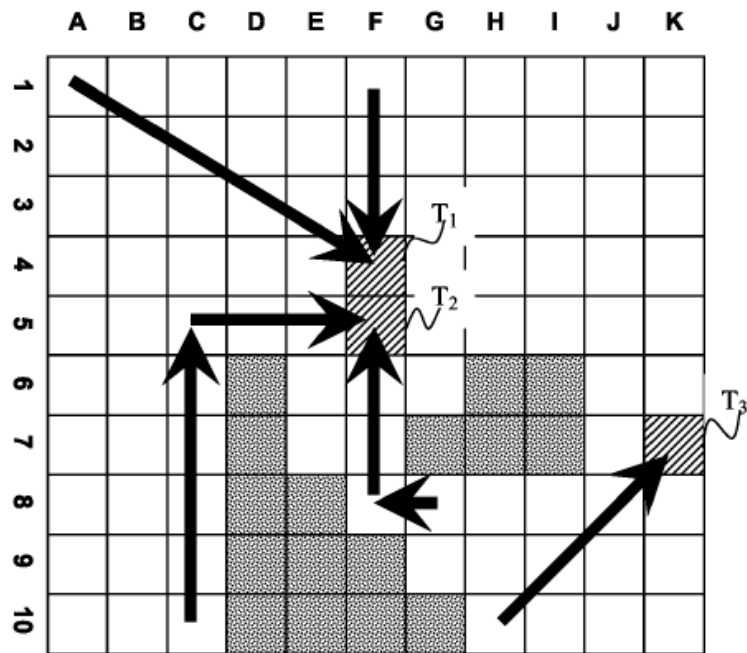


FIG 1f

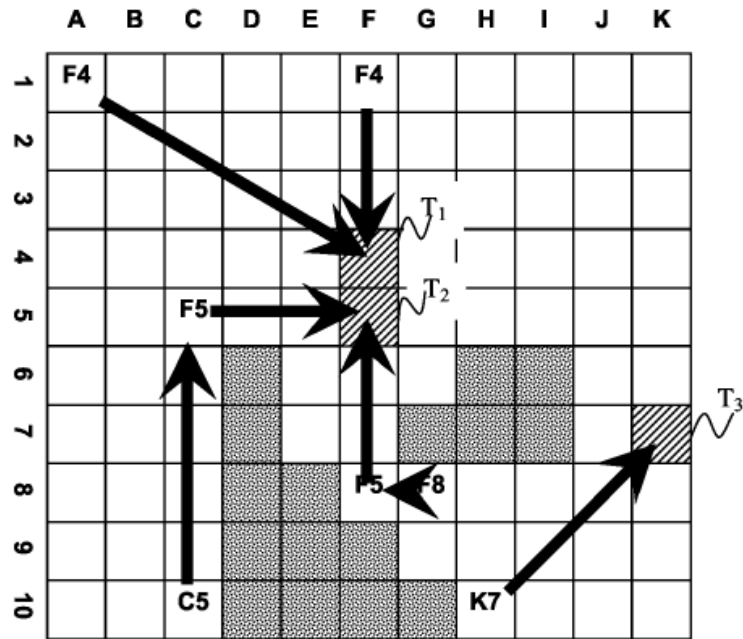


FIG 1g

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
2	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
3	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	K7	K7
5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	K7	K7
6	C5	C5	C5		F5	F5	F5			K7	K7
7	C5	C5	C5		F5	F5				K7	K7
8	C5	C5	C5			F5	F8	F8		K7	K7
9	C5	C5	C5				G8	J9	J9	K7	K7
10	C5	C5	C5					K7	K7	K7	K7

FIG 1h

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
2	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
3	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	K7	K7
5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	K7	K7
6	C5	C5	C5		F5	F5	F5	F5	F5	K7	K7
7	C5	C5	C5		F5	F5	F5	F5	F5	K7	K7
8	C5	C5	C5		F5	F5	F8	F8	F8	K7	K7
9	C5	C5	C5		F5	F5	G8	J9	J9	K7	K7
10	C5	C5	C5		F5	F5	F5	K7	K7	K7	K7

FIG 1i

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
2	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
3	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4
4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	F4	K7	K7
5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	F5	K7	K7
6	C5	C5	C5		F5	F5	F5			K7	K7
7	C5	C5	C5		F5	F5				K7	K7
8	C5	C5	C5			F5	F8	F8		K7	K7
9	C5	C5	C5				G8	J9	J9	K7	K7
10	C5	C5	C5					K7	K7	K7	K7

FIG 1l

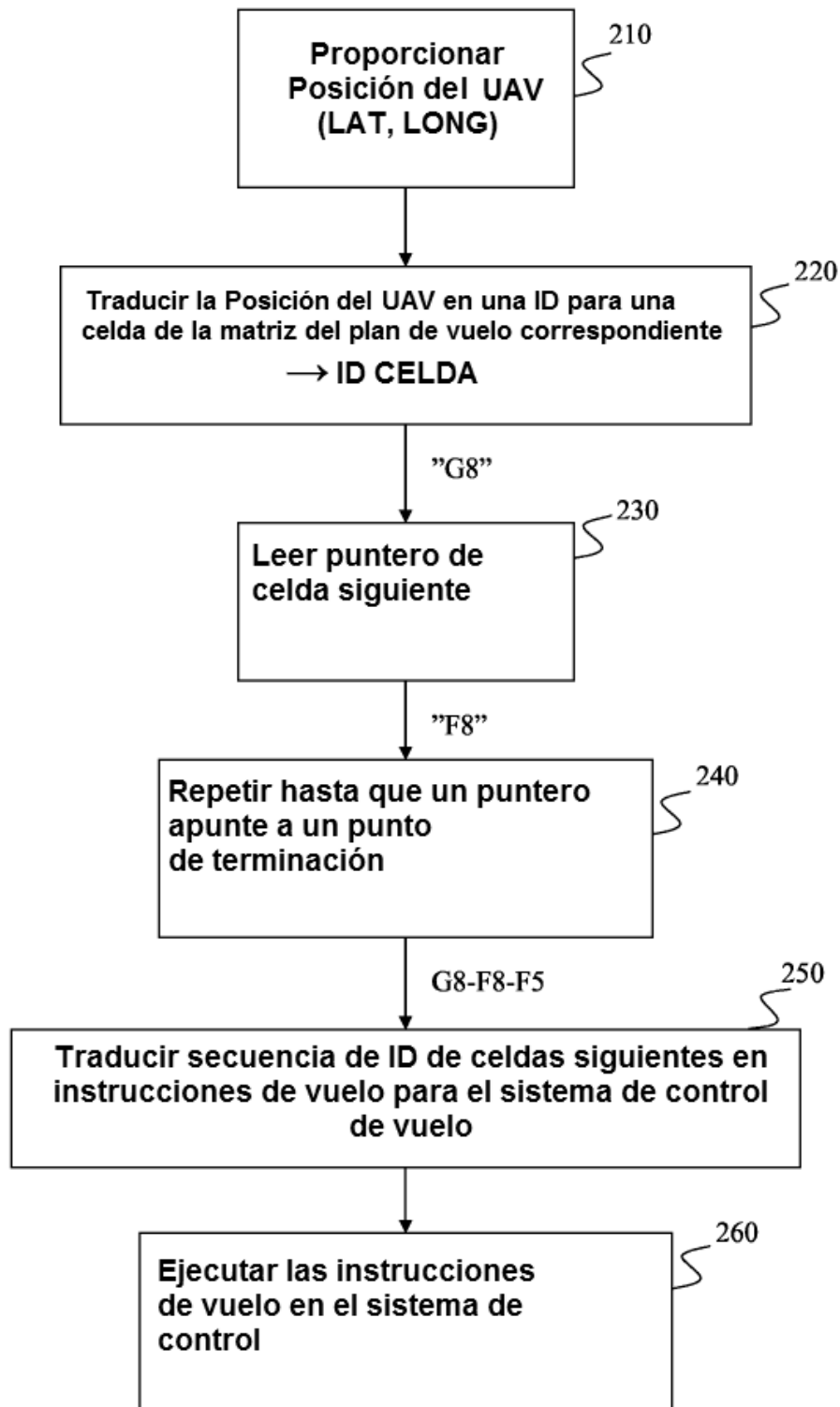


Fig. 2

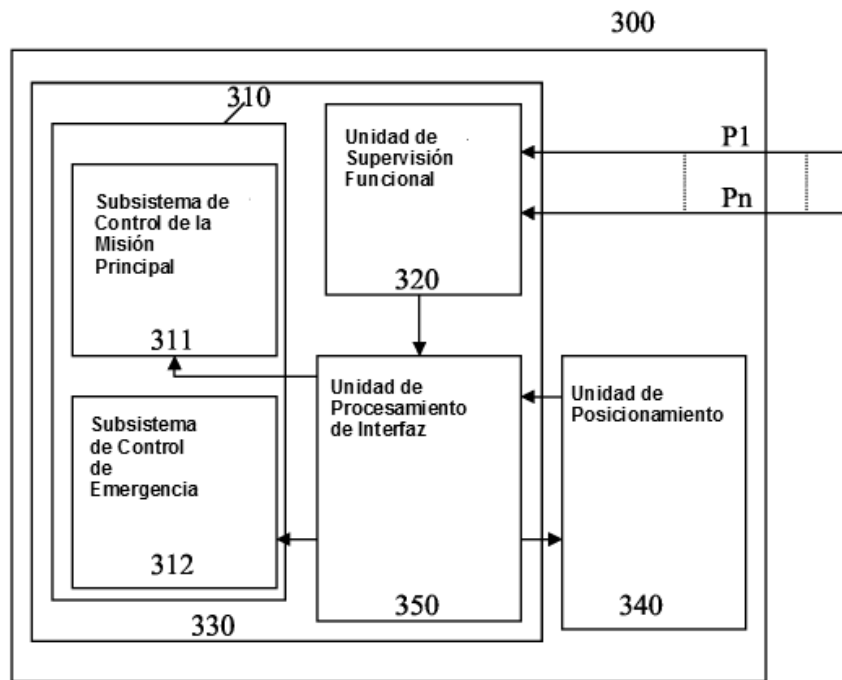


FIG 3.

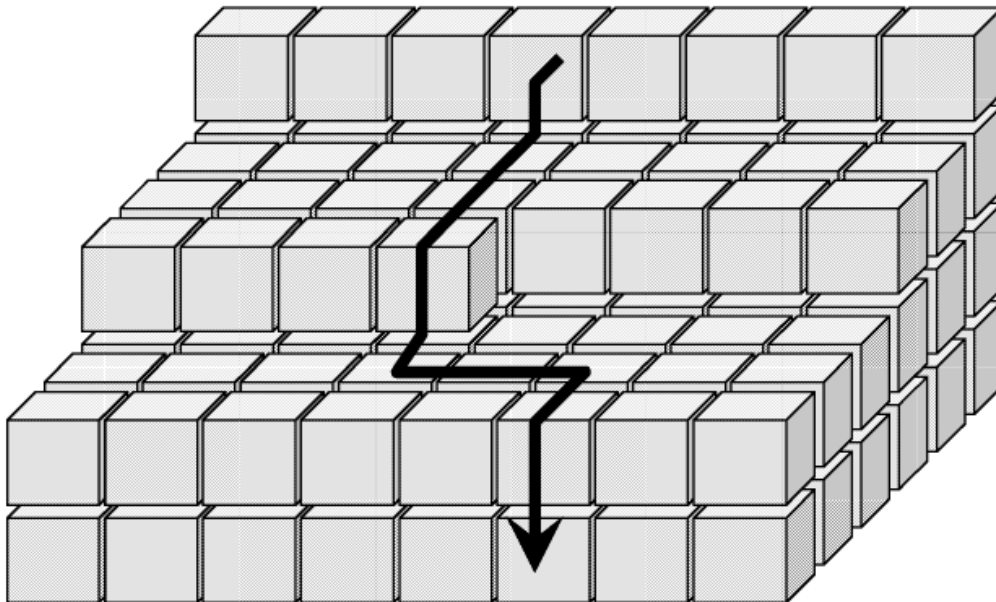


FIG. 4

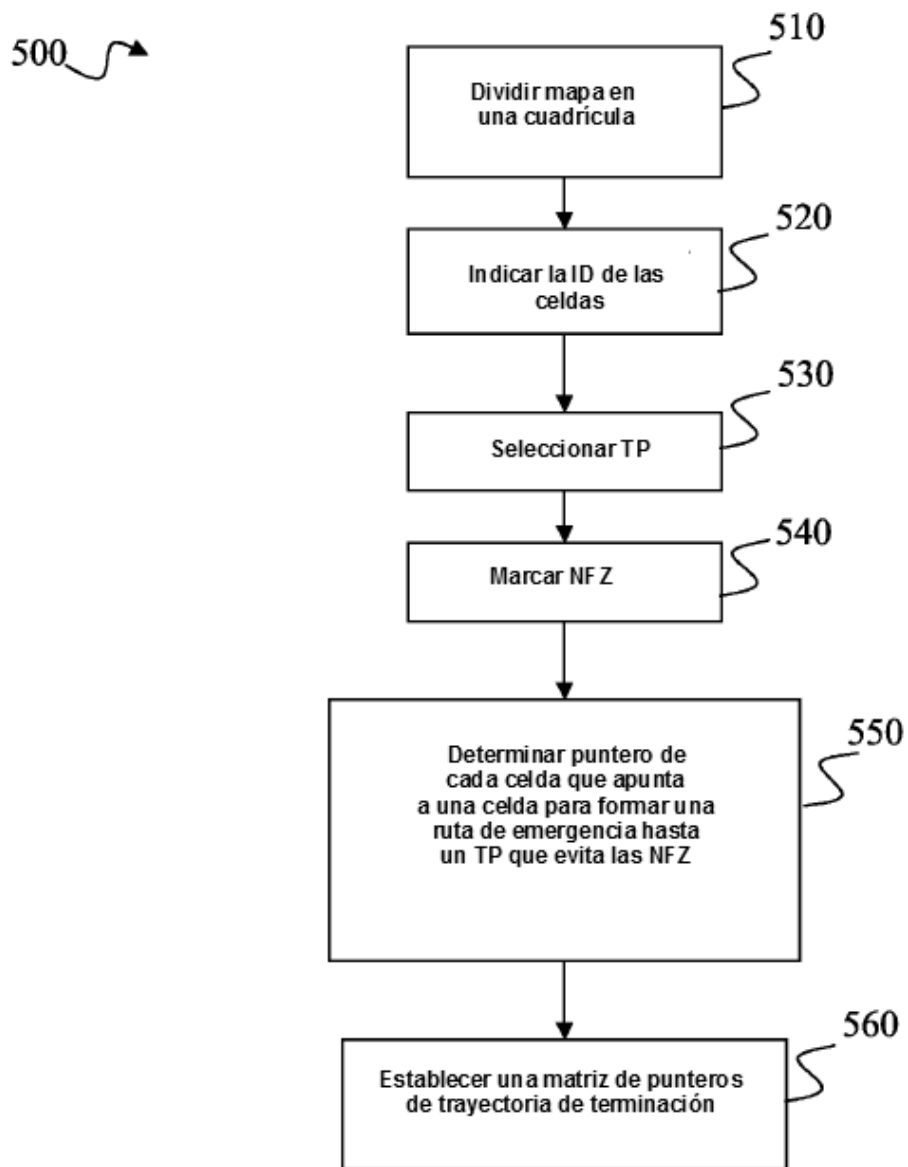


FIG 5