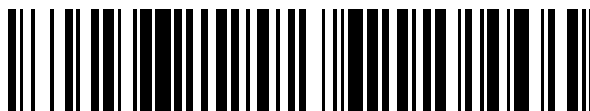


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 756**

51 Int. Cl.:

G01C 23/00 (2006.01)

G08G 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2008 E 08172746 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2077437**

54 Título: **Priorización de instalaciones de aterrizaje alternativas en planificación de vuelo**

30 Prioridad:

02.01.2008 US 968429

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

09.10.2019

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**MCFERRAN, NANCY L.;
GIBSON, RICHARD M.;
HOFFMAN, CARY;
COPE, JASON R.;
KELLY, JOHN R. y
FALCONE, RICHARD M.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 726 756 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

Priorización de instalaciones de aterrizaje alternativas en planificación de vuelo

Campo

- 5 La presente divulgación se refiere generalmente a planificación de vuelo de aeronave y, más particularmente (pero no exclusivamente), a métodos y sistemas para seleccionar aeropuertos alternativos u otras instalaciones de aterrizaje alternativas.

Antecedentes

Los enunciados en esta sección simplemente proporcionan información de antecedentes en relación con la presente divulgación y puede no constituir la técnica anterior.

- 10 La planificación de vuelo de aeronave, de manera frecuente, implica la selección de instalaciones de aterrizaje alternativas a las que una aeronave dada podría viajar si las condiciones justifican el desvío de la aeronave de su ruta primaria. Los sistemas de planificación de vuelo actuales habitualmente designan uno más puntos de decisión a lo largo de una ruta primaria. Para un punto de decisión dado, habitualmente se selecciona una instalación de aterrizaje alternativa en base a su distancia con respecto al punto de decisión. El método habitual no optimiza necesariamente la ubicación de una ubicación de aterrizaje alternativa en cuanto a tiempo, combustible u otras consideraciones.

- 15 El documento US4538229 divulga un sistema computarizado para examinar capacidades de rendimiento de motor único y desarrollar puestas en ruta/rutas alternativas para una aeronave de dos motores en conformidad con la normativa FAR 121.19 (descenso forzado por pérdida de potencia, un motor inoperativo) de manera que una consiguiente pérdida de altitud no dará como resultado la caída de la aeronave por debajo de una altitud de trayectoria de vuelo neta y una distancia de separación con respecto a la superficie de la Tierra a lo largo de una ruta dada entre un punto de origen de vuelo y un destino. Se incluyen como parte del cálculo el radio de capacidades de combustible de maniobra que tiene en cuenta el "empuje continuo máximo", las demandas de potencia sobre el motor restante, cambio de densidad y temperatura de aire consiguiente a la pérdida de altitud, y condiciones del viento en tiempo real.

- 20 El documento US6181987 divulga un método implementado por un sistema de a bordo de un aerodino que comprende un procesador, un terminal y memorias en las que está almacenada toda la información necesaria para la realización de un vuelo, estando el sistema conectado al otro equipamiento electrónico de a bordo. Con el fin de definir un plan de vuelo nuevo para hacer frente a una nueva situación provocada por un evento, el método comprende: la interpretación del evento para determinar las acciones correctivas que van a llevarse a cabo dado el contexto en el que se ubica el aerodino, el análisis de las posibilidades de reconfiguración del plan de vuelo que corresponde a las acciones correctivas, según criterios modificables y predeterminados, la selección de las soluciones de plan de vuelo que cumplen los criterios predeterminados, y la presentación de estas soluciones de plan de vuelo en asociación con los parámetros importantes que han servido como la base para su selección.

Sumario

- 35 La presente invención se dirige a un sistema de planificación de vuelo de aeronave según la reivindicación 1 y a un método realizado por procesador de planificación de vuelo de aeronave según la reivindicación 3.

- 40 La presente divulgación, en una implementación, se dirige a un método realizado por procesador de planificación de vuelo de aeronave. Un punto de decisión se identifica a lo largo de una ruta de la aeronave. El punto de decisión y un alcance anticipado de la aeronave se usan en el punto de decisión para definir un área elíptica sustancialmente hacia delante del punto de decisión y sustancialmente a lo largo de la ruta. En base a la ubicación de una o más instalaciones de aterrizaje con respecto al área elíptica definida, una o más de las instalaciones se seleccionan como uno o más destinos alternativos.

- 45 En otra implementación, la divulgación se dirige a un sistema de planificación de vuelo de aeronave. Un procesador y una memoria se configuran para identificar un punto de decisión a lo largo de una ruta de la aeronave, y para usar el punto de decisión y un alcance anticipado de la aeronave en el punto de decisión para definir un área elíptica sustancialmente hacia delante del punto de decisión y sustancialmente a lo largo de la ruta. En base a las ubicaciones de una pluralidad de instalaciones de aterrizaje con respecto al área elíptica definida, el procesador y la memoria seleccionan una o más de las instalaciones de aterrizaje como uno o más destinos alternativos.

- 50 En aún otra implementación, la divulgación se dirige al método realizado por procesador de planificación de vuelo de aeronave. El método incluye identificar uno o más puntos de decisión a lo largo de una ruta de la aeronave. Para cada uno del/de los punto(s) de decisión, se define una elipse hacia delante del punto de decisión que representa un área sustancialmente a lo largo de la ruta y que incluye el punto de decisión como vértice. Para cada uno del/de los punto(s) de decisión, se priorizan una pluralidad de destinos alternativos dentro del área representada, la priorización realizada al menos en parte en base a la distancia con respecto al punto de decisión, y en base a la priorización, uno o más destinos alternativos se asocian con el punto de decisión.

Áreas adicionales de aplicabilidad se harán evidentes a partir de la descripción proporcionada en el presente documento. Se debe entender que la descripción y ejemplos específicos están destinados únicamente para propósitos de ilustración.

Breve descripción de los dibujos

5 Los dibujos descritos en el presente documento son únicamente para propósitos ilustrativos.

La figura 1 es un diagrama de un sistema para planificación de vuelo de aeronave según una implementación de la divulgación;

la figura 2 es un diagrama de flujo de un método para planificación de vuelo de aeronave según una implementación de la divulgación;

10 la figura 3 es un diagrama que ilustra cómo puede realizarse la planificación de vuelo según una implementación de la divulgación; y

la figura 4 es un diagrama que representa una trayectoria de vuelo de un plan de vuelo según una implementación de la divulgación.

Descripción detallada

15 La siguiente descripción es simplemente a modo de ejemplo por naturaleza.

En diversas implementaciones de la presente divulgación, pueden usarse áreas delimitantes elípticas configuradas por el usuario en la planificación de vuelo para identificar instalaciones de aterrizaje candidatas como posibles destinos alternativos para una aeronave. Aunque diversas implementaciones de la divulgación pueden ser particularmente útiles en relación con la planificación por el descenso forzado por pérdida de potencia en terreno, debe observarse que la divulgación no está limitada de ese modo. Hay muchas razones diferentes por las que una instalación de aterrizaje alternativa puede incluirse en un plan de vuelo. Un aeropuerto alternativo puede incluirse para planificar un descenso forzado por pérdida de potencia sobre agua, separación con respecto al terreno, tiempo atmosférico, normas de vuelo aplicables, etc. Los factores que influyen en la selección de destinos alternativos pueden incluir disponibilidad de combustible, distancias a las instalaciones de aterrizaje candidatas y características físicas de la instalación de aterrizaje. En algunas implementaciones de la divulgación, un conjunto de instalaciones de aterrizaje candidatas puede priorizarse según las especificaciones de usuario para determinar una o más instalaciones de aterrizaje alternativas para desviar vuelos con respecto a un punto de decisión identificado.

Una configuración de un sistema para planificación de vuelo de aeronave se indica de manera general en la figura 1 por el número de referencia 20. El sistema 20 incluye uno o más procesadores 24, uno de los cuales se muestra en la figura 1, y se asocia a la memoria 28. El/los procesador(es) 24 y la memoria 28 pueden ubicarse, por ejemplo, en instalaciones terrestres de una aerolínea, a bordo de una nave, y/o distribuidos entre o en plataformas aéreas y/o terrestres. El sistema 20 también incluye una interfaz 32 de usuario que tiene un teclado 36 u otro dispositivo de entrada y una pantalla 40 u otro dispositivo de salida. Se entenderá por aquellos expertos en la técnica que se podrían utilizar muchas configuraciones de interfaz de usuario, memoria y/o procesamiento, incluyendo, pero no limitándose a ordenadores, microprocesadores, bolsas de vuelo electrónicas, etc. El/los procesador(es) la y memoria incluyen y/o están en comunicación con una o más fuentes de información (no mostradas) que pueden proporcionar datos del tiempo atmosférico, datos de rendimiento de aeronave, datos del aeropuerto y/o datos de obstrucción.

El sistema 20 está configurado para calcular, entre otras cosas, una ruta primaria, es decir, una ruta planeada de vuelo, para una aeronave dada. Debe observarse, sin embargo, que también diversas implementaciones pueden describirse en la divulgación con referencia a rutas "primarias" y/o "planeadas", son posibles implementaciones en relación con rutas revisadas y/o modificadas de una aeronave. El sistema 20 también puede calcular un perfil de vuelo primario, es decir, velocidades y altitudes de vuelo planificadas, para la aeronave. Los cálculos de ruta primaria y perfil de vuelo primario se basan habitualmente en parámetros de usuario y asumen la ausencia de factores, tales como fallo del motor.

Adicional o alternativamente, por ejemplo, con el fin de cumplir con normas de vuelo de planificación de aviación aplicables, el sistema 20 está configurado para incluir planificaciones para eventos tales como fallo de motor y/o pérdida de altitud. Por ejemplo, el sistema 20 puede proporcionar una petición de planificación para que la aeronave vuele, utilizando no todos sus motores, a una instalación de aterrizaje alternativa mientras mantiene una altitud que cumple con las normas aplicables. Además, puede proporcionarse un plan de vuelo que solicite que la aeronave vuele a una instalación de aterrizaje alternativa mientras mantiene una altitud suficiente para evitar montañas u otro terreno intermedio. La selección por el sistema 20 de una instalación de aterrizaje alternativa puede basarse al menos en parte en características de instalaciones de aterrizaje candidatas tales como dimensiones de pista y/o capacidad de soporte de peso de la pista.

En diversas implementaciones, el sistema 20 puede identificar uno o más puntos de decisión a lo largo de una ruta para una aeronave dada. Un punto de decisión se alcanza, por ejemplo, cuando la aeronave ya no está al alcance de

una instalación de aterrizaje alternativa predefinida. En un punto de decisión de este tipo, puede seleccionarse una instalación de aterrizaje alternativa para la aeronave. En diversas implementaciones el sistema 20 utiliza un punto de decisión y un alcance anticipado de la aeronave en el punto de decisión para definir un área elíptica sustancialmente hacia delante del punto de decisión y sustancialmente a lo largo de la ruta. En base a ubicaciones de una pluralidad de instalaciones de aterrizaje con respecto al área elíptica definida, el sistema 20 selecciona una o más de las instalaciones de aterrizaje como uno o más destinos alternativos.

Un método de planificación de vuelo de aeronave según una implementación de la divulgación se indica de manera general en la figura 2 mediante el número de referencia 100. El método 100 puede realizarse, por ejemplo, al menos en parte por el/los procesador(es) 24 en el suelo para asistir a una aeronave antes y/o durante el vuelo. Adicional o alternativamente, el método 100 puede realizarse al menos en parte a bordo de una aeronave, por ejemplo, en un ordenador portátil u otro sistema de planificación de vuelo de a bordo. En el proceso 104, se determinan una ruta y un perfil de vuelo. En el proceso 108, instalaciones de aterrizaje que serían aceptables como instalaciones de aterrizaje alternativas para la aeronave dada se identifican y almacenan, por ejemplo, en la memoria 28. En diversas implementaciones, una lista de sustancialmente todas las instalaciones de aterrizaje aceptables mundialmente para un tipo de aeronave particular puede recopilarse, almacenarse y mantenerse actualizada. La aceptabilidad puede basarse, por ejemplo, en dimensiones y peso de aeronave, dimensiones de la pista, capacidad de carga de la pista, instalaciones de repostaje, etc.

Las condiciones de vuelo previstas en el proceso 112 se analizan con respecto a diversos puntos a lo largo de la ruta para determinar si se alcanza un punto de decisión. El análisis puede incluir, pero no necesariamente limitarse a determinar si la aeronave sería capaz de volver a su punto de partida o a otro aeropuerto alternativo previamente seleccionado en el caso de un posible fallo de motor y/o una posible pérdida de altitud suficiente para superar un terreno alto que va a encontrarse a lo largo de la ruta. Razones para crear puntos de decisión pueden incluir, por ejemplo, cumplimiento de las normas de vuelo, provisión de puntos de decisión de puntos equidistantes de tiempo (ETP), provisión de puntos de decisión para equipamiento general, despresurización, tiempo atmosférico, y/o emergencias (por ejemplo, en vuelos largos sobre el agua) y/o para proporcionar repostaje en vuelo.

Si las condiciones de vuelo previstas en el proceso 116 de un punto dado en la ruta indican que se debe realizar una selección de instalaciones de aterrizaje alternativas, entonces en el proceso 120 se define un punto de decisión en el punto dado. En el proceso 124, que empieza en el punto de decisión, una elipse está configurada sustancialmente a lo largo de la ruta en un sentido hacia delante del punto de decisión.

Un diagrama que ilustra cómo puede realizarse la planificación de vuelo según el método 100 se indica de manera general en la figura 3 por el número de referencia 200. Una ruta 204 para una aeronave dada se extiende entre un punto 208 de partida y un punto 212 de llegada. Un punto 216 de decisión tiene un área 220 elíptica asociada. Una elipse puede configurarse de diversas maneras en base a la preferencia del usuario como se describe adicionalmente a continuación. Varias instalaciones 224 de aterrizaje también se muestran en la figura 3.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, en el proceso 128, cada una de las instalaciones de aterrizaje aceptables identificadas en el proceso 108 se categoriza como que está o bien dentro o bien fuera de la elipse 220. En el presente ejemplo, las instalaciones 224 de aterrizaje aceptables dentro de la elipse 220 pueden preferirse sobre aquellas fuera de la elipse 220. En diversas implementaciones, las áreas dentro de la elipse 220 pueden definirse y priorizarse en base, por ejemplo, a la distancia con respecto al punto 216 de decisión y/o distancia con respecto al eje 230 central de la elipse que se extiende desde el punto 216 de decisión. En el presente ejemplo, la elipse 220 se divide en tres áreas 234a, 234b y 234c. Las áreas 234a-c se priorizan en base a la distancia con respecto al punto 216 de decisión según lo medido a lo largo del eje 230 central. Debe observarse que hay muchas maneras en las que podrían priorizarse áreas de la elipse. Otros criterios de priorizar áreas de la elipse podrían incluir, por ejemplo, presencia o ausencia de terreno difícil, condiciones de tiempo atmosférico actuales en áreas de la elipse, etc.

En el proceso 132, cada instalación 224 de aterrizaje aceptable dentro de la elipse 220 se prioriza según su posición en la elipse, por ejemplo, según el área 234 priorizada en la que está ubicada. Debe observarse que hay muchas maneras en las que podrían priorizarse instalaciones 224 de aterrizaje aceptables dentro de la elipse 220. En algunas implementaciones, por ejemplo, cada instalación 224 de aterrizaje aceptable en la elipse 220 podría priorizarse individualmente, por ejemplo, en base simplemente a su ubicación dentro de la elipse 220 con respecto al punto 216 de decisión. En diversas implementaciones, también se realiza la priorización de instalaciones de aterrizaje fuera de la elipse 220, en base, por ejemplo, a la distancia con respecto al punto de decisión.

En el proceso 134, se realiza una búsqueda para la instalación 224 de aterrizaje aceptable más cercana al punto 216 de decisión dentro de un área preferida de la elipse 220, por ejemplo, el área 234a. Si en el proceso 138 se encuentra una instalación de aterrizaje de este tipo, entonces, en el proceso 142 se añade al plan de vuelo como una posible instalación de aterrizaje alternativa. Puede o puede no ser deseable proporcionar más de una instalación de aterrizaje alternativa. Si en el proceso 146 se determina que hay suficientes instalaciones de aterrizaje alternativas en el plan, entonces se da salida al plan de vuelo actualizado, por ejemplo, a través de la pantalla 40 a un piloto de la aeronave. De lo contrario, la búsqueda continúa en el proceso 134. Si en el proceso 138 no se encuentra instalación de aterrizaje, entonces en el proceso 150 se realizan búsquedas, en orden de prioridad, de instalaciones de aterrizaje en las áreas 234b y 234c no preferidas de la elipse. Si se encuentra una instalación de aterrizaje en el proceso 154, entonces se

añade al plan de vuelo en el proceso 142. Si no se encuentra instalación de aterrizaje dentro de la elipse 220, entonces en el proceso 158 se realiza una búsqueda fuera de la elipse 220 para una instalación 224 de aterrizaje aceptable.

5 Una elipse puede configurarse de diversas maneras dependientes de la preferencia del usuario. Por ejemplo, un eje mayor de una elipse para una aeronave dada puede tener una longitud basada en un alcance de la aeronave (que podría depender, por ejemplo, de la disponibilidad de combustible, vientos de proa o de popa, etc.) en el punto de decisión. En tal caso, el eje mayor se extendería entre el punto de decisión y un punto designado por un marcador de distancia en millas apropiado a lo largo de la ruta. Por lo tanto, como un ejemplo, un eje mayor puede configurarse en 10 300 millas náuticas (555,6 kilómetros) desde el punto de decisión a lo largo de la ruta. Un eje 240 de elipse menor puede seleccionarse, por ejemplo, como valor de porcentaje del eje mayor. Por lo tanto, por ejemplo, cuando un eje menor se especifica como el 100 por cien del eje mayor, la elipse resultante es un círculo.

15 En diversas implementaciones, un punto de partida puede designarse como instalación de aterrizaje alternativa. Puede determinarse para diversos puntos a lo largo de la ruta si, después del despegue de la aeronave, la aeronave podría alcanzar su primer destino alternativo de ruta, habitualmente definido como el punto 208 de partida de la aeronave. En una ubicación de la aeronave a lo largo de la ruta desde la que se determina que la aeronave no podría alcanzar su primer destino alternativo de ruta, el sistema 20 define un punto de decisión en la ruta.

20 Un diagrama que representa una trayectoria de vuelo de un plan de vuelo según una implementación de la divulgación se indica de manera general en la figura 4 por el número de referencia 300. El plan 300 incluye un punto 304 de partida, una ruta 308 y un punto 312 de llegada. Se muestran tres puntos 316a-c de decisión asociados a elipses 320a-c. Para cada punto de decisión, se muestra como se ha seleccionado una instalación de aterrizaje alternativa como que se ha seleccionado, concretamente, instalaciones 324a-c. La instalación 324c alternativa es el punto de llegada. La elipse 320c es más corta que las elipses 320a y 320c porque el punto de llegada se utiliza para definir la longitud del eje mayor para la elipse 320c.

25 Diversas implementaciones de los sistemas y métodos mencionados anteriormente pueden proporcionar una selección más práctica de instalaciones de aterrizaje alternativas para situaciones de desvío de emergencia de lo que podían métodos de selección anteriores. Los puntos de decisión y la selección de instalaciones de aterrizaje alternativas pueden optimizarse para minimizar distancias de vuelo y para evitar soluciones que requieran vuelo hacia atrás. Puesto que pueden calcularse cargas de combustible más precisas para alcanzar las instalaciones de aterrizaje de desvío, puede ahorrarse combustible de la aeronave. Reducir los requerimientos de combustible da como resultado costes de operación más bajos para los operadores de aeronave.

30 Aunque se han descrito diversas realizaciones, aquellos expertos en la técnica reconocerán modificaciones o variaciones que pueden realizarse. Los ejemplos ilustran las diversas realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (20) de planificación de vuelo de aeronave que comprende un procesador (24) y una memoria (28) configurados para:
- 5 identificar un punto de decisión a lo largo de una ruta de la aeronave cuando la aeronave ya no está al alcance de una instalación de aterrizaje alternativa predefinida;
- usar el punto de decisión y un alcance anticipado de la aeronave en el punto de decisión para definir una elipse que tiene un área elíptica sustancialmente hacia delante del punto de decisión y sustancialmente a lo largo de la ruta, estando el punto de decisión en un vértice de un eje mayor del área elíptica, teniendo el eje mayor una longitud en base al alcance anticipado;
- 10 definir áreas dentro de la elipse; y
- seleccionar una instalación de aterrizaje de una pluralidad de instalaciones de aterrizaje candidatas como destino alternativo, en el que la selección se realiza en base a las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de aterrizaje candidatas en relación con la elipse definida de manera que:
- 15 las instalaciones de aterrizaje candidatas que están dentro de la elipse se prefieren por encima de aquellas fuera de la elipse; y
- las instalaciones de aterrizaje candidatas que están dentro de la elipse se priorizan en base al área dentro de la elipse en la que está ubicada cada respectiva instalación de aterrizaje candidata, en el que las áreas dentro de la elipse se priorizan en base a la distancia con respecto al punto de decisión.
2. Sistema (20) según la reivindicación 1, estando el procesador (24) y la memoria (28) configurados para:
- 20 definir un balance en base a un patrón de viento a lo largo de la ruta; y
- usar el balance para definir el área elíptica.
3. Método (100) realizado por procesador de planificación de vuelo de aeronave, comprendiendo el método:
- identificar un punto de decisión a lo largo de una ruta de la aeronave cuando la aeronave ya no está al alcance de una instalación de aterrizaje alternativa predefinida;
- 25 usar el punto de decisión y un alcance anticipado de la aeronave en el punto de decisión para definir una elipse que tiene un área elíptica sustancialmente hacia delante del punto de decisión y sustancialmente a lo largo de la ruta, estando el punto de decisión en un vértice de un eje mayor del área elíptica, teniendo el eje mayor una longitud en base a el alcance anticipado;
- definir áreas dentro de la elipse; y
- 30 seleccionar una instalación de aterrizaje de una pluralidad de instalaciones de aterrizaje candidatas como destino alternativo, en el que la selección se basa en las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de aterrizaje candidatas en relación con la elipse definida de manera que:
- las instalaciones de aterrizaje candidatas que están dentro de la elipse se prefieren por encima de aquellas fuera de la elipse; y
- 35 las instalaciones de aterrizaje candidatas que están dentro de la elipse se priorizan en base al área dentro de la elipse en la que cada respectiva instalación de aterrizaje candidata está ubicada, en el que las áreas dentro de la elipse se priorizan en base a la distancia con respecto al punto de decisión.
4. Método (100) según la reivindicación 3, realizado tras una determinación de que un punto de partida de la aeronave no está al alcance de la aeronave.
- 40 5. Método (100) según la reivindicación 3, que comprende además definir un eje mayor de la elipse sustancialmente a lo largo de la ruta.
6. Método (100) según la reivindicación 3, que comprende además usar un punto de llegada de la aeronave como vértice de la elipse.
- 45 7. Método (100) según la reivindicación 3, que comprende además definir la elipse basándose al menos en parte en las condiciones meteorológicas

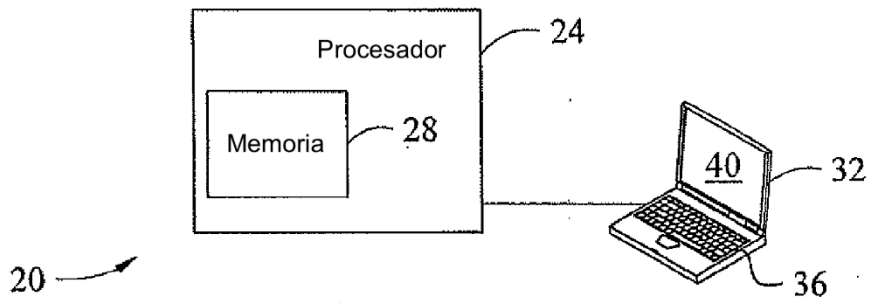


Fig. 1

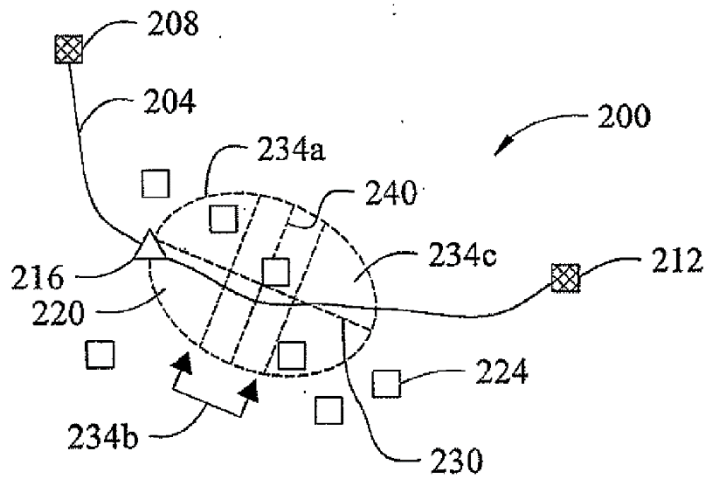


Fig. 3

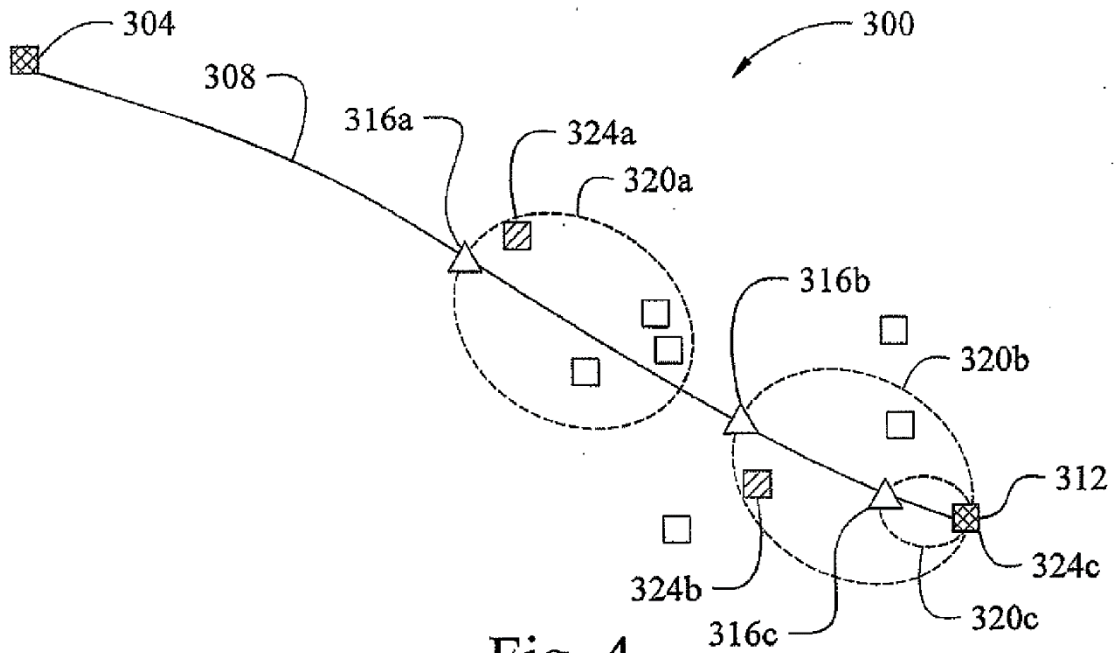


Fig. 4

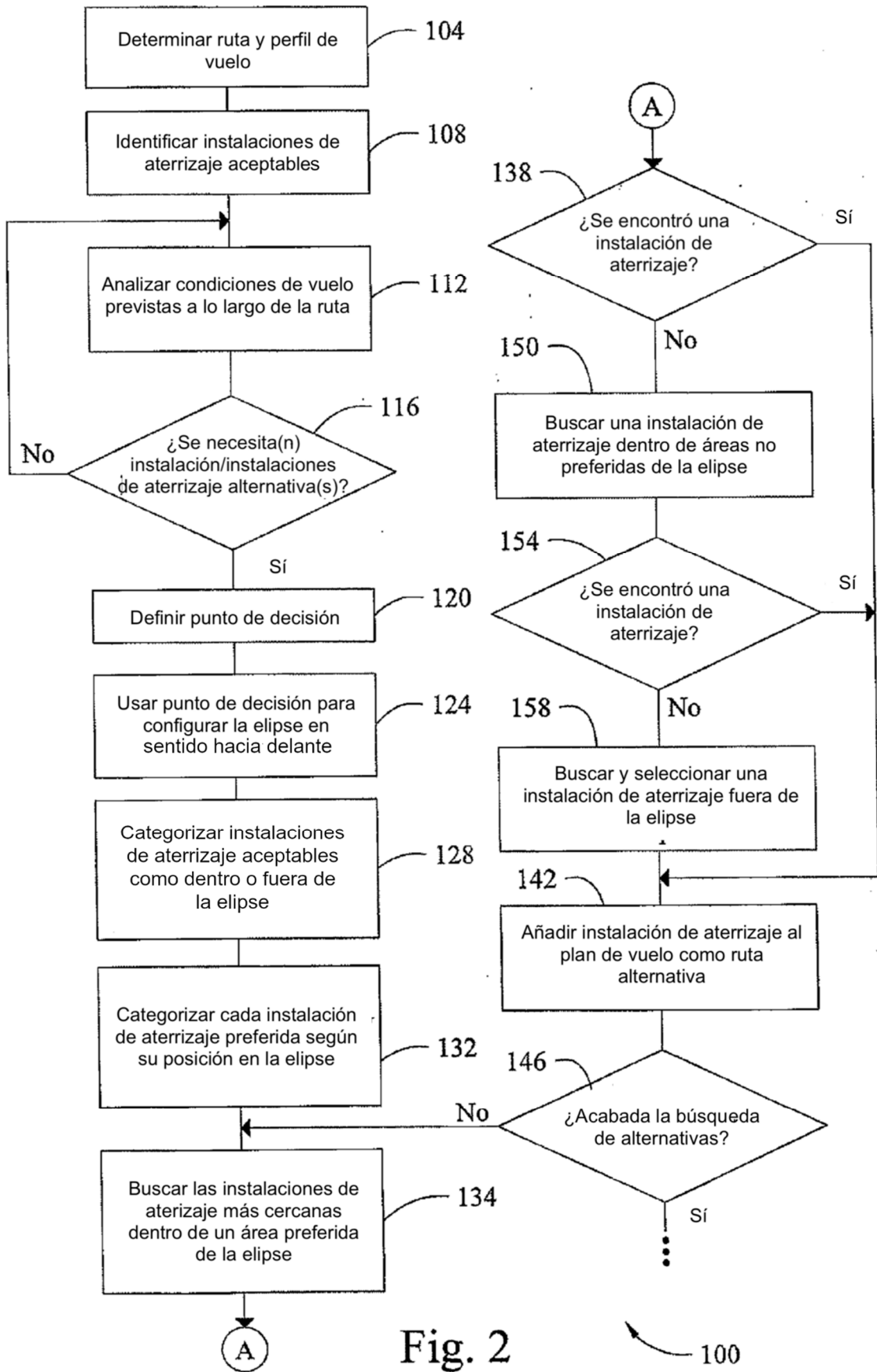


Fig. 2