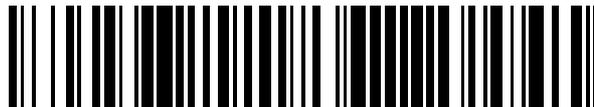


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 727**

51 Int. Cl.:

G08G 5/04 (2006.01)

G08G 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2006** **E 11171782 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013** **EP 2372672**

54 Título: **Control de tráfico aéreo**

30 Prioridad:

23.12.2005 GB 0526433

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2013

73 Titular/es:

**NATS (EN ROUTE) PUBLIC LIMITED COMPANY
(100.0%)
5th Floor South, Brettenham House Lancaster
Place
London WC2E 7EN, GB**

72 Inventor/es:

**PEMBER, STEPHEN JAMES y
ROBERTS, ALISON LAURA UDAL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 428 727 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

Control de tráfico aéreo

La presente invención versa acerca de sistemas informatizados para ayudar al control del tráfico aéreo.

5 El control del tráfico aéreo implica personal humano que se comunica con los pilotos de una pluralidad de aviones, dándoles instrucciones acerca de rutas, de forma que se eviten colisiones. En general, las aeronaves presentan "planes de vuelo" que indican sus rutas antes del vuelo, y a partir de estos, los controladores tienen cierta información inicial acerca de la presencia probable de aeronaves, pero los planes de vuelo están inherentemente sujetos a variaciones (debido, por ejemplo, a retrasos en despegues; cambios de velocidad debidos a viento en contra o viento de cola; y modificaciones permitidas del curso por el piloto). En sectores concurridos (típicamente, los cercanos a los aeropuertos) es necesario un control activo de las aeronaves por parte de los controladores.

10 Los controladores reciben datos acerca de la posición de la aeronave (procedentes de unidades de radar) y solicitan información tal como altitud, rumbo y velocidad. Dan instrucciones a los pilotos por radio para que mantengan su rumbo, que alteren su rumbo, de forma predeterminada, o mantengan o alteren su altitud (por ejemplo, para ascender hasta una cierta altitud o para descender hasta una cierta altitud), de forma que se mantenga una separación mínima segura entre las aeronaves y, por lo tanto, se eviten el riesgo de colisiones. Las colisiones son sumamente raras, incluso en las áreas más concurridas, debido a la monitorización y al control continuos de las aeronaves por parte de los controladores de tráfico aéreo, para los que la seguridad es, necesariamente, el criterio más importante.

15 Por otra parte, con un crecimiento continuo del transporte aéreo, debido a un creciente comercio global, es importante maximizar la cantidad de aeronaves (hasta el grado que sea compatible con la seguridad). Aumentar adicionalmente el la cantidad con los sistemas existentes de control del tráfico aéreo es cada vez más difícil. Es difícil que los controladores del tráfico aéreo monitoricen las posiciones y los rumbos de demasiadas aeronaves a la vez en equipos convencionales, y los controladores humanos necesariamente pecan de prudentes en lo que respecta a la separación de aeronaves.

20 La monografía "Future area control tools support" (FACTS), Peter Whysall, Second USA/Europe Air Traffic Management RND Seminar, Orlando, EE. UU., 1-4 de diciembre de 1998 (disponible en línea en el siguiente URL <http://atm-seminar-98.eurocontrol.fr/finalpapers/track1/whysall.pdf> divulga una herramienta para controladores de planificación y tácticos en los que las interacciones entre pares de aeronaves están clasificadas como "aceptable", "incierto" o "inaceptable". En el caso de interacciones entre aeronaves que están clasificadas como "aceptable", es evidente que el controlador no necesita hacer nada, y en el caso de aeronaves que están clasificadas como "inaceptable" es evidente que necesita hacer algo. Sin embargo, las aeronaves que están clasificadas como "incierto" simplemente suponen un quebradero de cabeza para el controlador. Cuanto más generoso sea el enfoque a la hora de modelar la incertidumbre, más interacciones de aeronaves habrá que se encontrarán en esta tercera categoría.

25 Pasa lo mismo con la monografía "Future Air Control Tools Support Operation Concept and Development Status", Andy Price, FAA/Euro Control AP6 TIM-Memphis, EE. UU., 19-21 de octubre de 1999, que muestra adicionalmente la representación visual de cada una de estas tres clases de interacción en un color distinto (rojo para inaceptable, verde para aceptable y amarillo para incierta), disponible en el siguiente URL:

<http://www.eurocontrol.int/moc-faa-euro/gallery/content/public/papers/TIMS/AP6/tims/tim-memphis/FACTS/facts.ppt>

30 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar sistemas informatizados de soporte para un control del tráfico aéreo que permita que los operarios humanos aumenten la cantidad de aeronaves sin un aumento del riesgo de pérdidas de la separación mínima permitida desde su presente nivel, muy bajo. La invención en diversos aspectos está definida en las reivindicaciones adjuntas al presente documento, con ventajas y características preferentes que serán evidentes a partir de la descripción y de los dibujos siguientes.

35 Se ilustrarán ahora las realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de control del tráfico aéreo para un sector de espacio aéreo según una realización de la invención;

40 la Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra los elementos de una estación de controladores tácticos del tráfico aéreo que forma parte de la Figura 1;

la Figura 3 es un esquema que muestra el soporte lógico presente en un ordenador central que forma parte de la Figura 1;

la Figura 4 es un esquema que muestra la posición, la trayectoria y la incertidumbre en el mismo de una aeronave según la presente realización;

la Figura 5 es un esquema que muestra de forma esquemática los datos y las rutinas que componen un módulo de predicción de la trayectoria que forma parte de la Figura 3;

la Figura 6 es un diagrama de procesos que muestra los procedimientos llevados a cabo por el predictor de la trayectoria de la Figura 5;

5 la Figura 7 es un esquema que muestra la geometría de una interacción entre dos aeronaves en una vista en planta;

la Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra el procedimiento de la detección de conflicto llevado a cabo por un detector de conflictos a medio plazo según la presente realización;

10 la Figura 9 es un gráfico de distancia en función del tiempo que muestra la variación en la distancia entre dos vuelos correspondientes a los de la Figura 7;

la Figura 10 es un gráfico de separación en función del tiempo que muestra tres clases de interacción;

la Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra el procedimiento de clasificación de interacciones llevado a cabo por el detector de conflictos a medio plazo que forma parte de la Figura 8;

15 la Figura 12 muestra una representación visual en pantalla que indica un diagrama de marcas de separación en función del tiempo, y correspondiente al de la Figura 10, representado visualmente en una realización de la estación de trabajo de la Figura 2; y

la Figura 13 es una interfaz de usuario que muestra una representación visual de la altitud en función de la distancia a lo largo de la trayectoria para una aeronave seleccionada y que indica interacciones potenciales con otras aeronaves, e incluye una porción de entrada de instrucciones tácticas (autorización).

20 **Descripción general del sistema de control del tráfico aéreo**

La Figura 1 muestra los elementos de soporte físico de un sistema de control del tráfico aéreo (conocido *per se*, y utilizado en las presentes realizaciones). En la Figura 1, un sistema de seguimiento por radar, denotado 102, comprende una unidad de radar para hacer un seguimiento de aeronaves entrantes, que detecta el rumbo y la distancia (radar primario) y altitud (radar secundario), y genera señales de salida que indica la posición de cada uno, a intervalos periódicos. Se proporciona una estación 104 de radiocomunicaciones para comunicaciones de voz con la radio de la cabina del piloto de cada aeronave 200. Se proporciona una estación meteorológica 106 para recoger datos meteorológicos y producir mediciones y pronósticos del viento, velocidad y dirección, y de otra información meteorológica. Un ordenador servidor 108 que se comunica con una red 110 de comunicaciones recoge datos del sistema 102 de radar y la estación meteorológica 106 (por medio de la red 110), y proporciona los datos recogidos a un centro 300 de control de tráfico aéreo. Asimismo, los datos del centro 300 de control del tráfico aéreo son devueltos al ordenador servidor para una distribución a través de la red 110 a los sistemas de control de tráfico aéreo en otras áreas.

25 Una base 112 de datos almacena información acerca de cada una de una pluralidad de aeronaves 200, incluyendo el tipo de aeronave, y diversos datos de rendimiento, tales como el peso mínimo y máximo, la velocidad, y la máxima velocidad de ascenso.

Típicamente, el espacio aéreo del que es responsable el centro 300 de control del tráfico aéreo está dividido en una pluralidad de sectores, cada uno con límites geográficos y verticales definidos y controlados por controladores de planificación y tácticos.

40 El centro 300 de control del tráfico aéreo comprende una pluralidad de estaciones 302a, 302b, ... de trabajo para controladores de planificación, y una pluralidad de estaciones 304a, 304b, ... de trabajo para controladores tácticos. El papel que desempeñan los controladores de planificación es decidir si aceptar o no el vuelo de una aeronave en el volumen de espacio aéreo controlado por el centro 300 de control del tráfico aéreo. El controlador recibe datos del plan de vuelo relativos a la aeronave, y, si se acepta el vuelo, proporciona una altitud de entrada para la aeronave que entra en el sector, una altitud de salida para una aeronave que sale del sector, y una trayectoria entre un punto de entrada y un punto de salida del sector. Si el controlador de planificación encuentra que es probable que el sector esté demasiado atestado como para aceptar el vuelo, rechaza el vuelo, que debe entonces realizar planes alternativos de ruta.

45 Por lo tanto, el controlador de planificación considera únicamente los planes de vuelo previstos de la aeronave, y el nivel general de ocupación del sector y las posiciones previstas de otras aeronaves, y solo establece una trayectoria preliminar a través del sector para cada aeronave. La presente invención versa principalmente acerca de las acciones del controlador táctico, que serán expuestas con más detalle a continuación.

50 Con referencia a la Figura 2, cada estación 304 de trabajo para un controlador táctico comprende una pantalla 312 de visualización de radar que muestra una vista convencional de radar del sector aéreo, con los límites del sector, el

5 contorno de las características geográficas tales como la costa, la posición y el espacio aéreo que rodea cualquier aeródromo (todos como una representación visual estática), y una representación visual dinámica de la posición de cada aeronave recibida procedente del sistema 102 de radar, junto con un indicador alfanumérico del número de vuelo de esa aeronave. Por lo tanto, el controlador táctico es consciente, en cualquier momento dado, de la posición tridimensional (nivel, y latitud y longitud o coordenadas X/Y) de la aeronave en el sector. Hay conectado a la estación 104 de radio un casco telefónico 320 que comprende un auricular y un micrófono para permitir que el controlador se comuniquen con cada aeronave 200.

10 También se proporciona una unidad 314 de representación visual, en la que una estación informatizada 318 de trabajo puede provocar la presentación visual de uno o más de una pluralidad de distintos formatos de visualización, bajo el control del controlador que opera el teclado 316 (que es un teclado QWERTY estándar). Una red 308 de área local interconecta todos las estaciones informatizadas 318 de trabajo con el ordenador servidor 108. El ordenador servidor distribuye datos a las estaciones informatizadas 318 terminales de trabajo, y acepta datos de las mismas introducidos por medio del teclado 316.

Soporte lógico presente en el servidor

15 Con referencia a la Figura 3, está indicado el soporte lógico principal que se ejecuta en el servidor 108. Consiste en un programa 1082 de predicción de la trayectoria (TP) y un programa 1084 de detección de conflictos a medio plazo (MTCD).

Predictor 1082 de la trayectoria

20 El programa 1082 de predicción de la trayectoria está dispuesto para recibir datos y calcular, para cada aeronave, una trayectoria a través del sector de espacio aéreo controlado por los controladores. La trayectoria está calculada teniendo en cuenta la posición y el nivel actual (deducidos a partir del sistema 102 de radar y actualizados cada 6 segundos) de la aeronave, el plan de vuelo, y una gama de otros datos que incluyen datos meteorológicos y datos de rendimiento de la aeronave (como se expone con más detalle a continuación).

25 La trayectoria calculada para cada aeronave abarca al menos los siguientes 18 minutos (el periodo típico de interés para un controlador táctico del tráfico aéreo) y, preferentemente, los siguientes 20 minutos. La salida del programa 1082 de predicción de la trayectoria son datos que definen un número de puntos por los que se predice que pase el vuelo, definido tridimensionalmente, con información de tiempo y de velocidad en cada punto. Hay asociada con cada punto una región de incertidumbre, como se muestra en la Figura 4.

30 Aunque se conoce la posición actual con algo de precisión a partir de los datos de radar, cada posición futura es incierta por varias razones. En primer lugar, la velocidad de la aeronave puede variar (debido, por ejemplo, a vientos en contra o de cola, o a una masa desconocida o cambiante a bordo), lo que da lugar a una incertidumbre "a lo largo de la trayectoria". En segundo lugar, la posición lateral (posición "a través de la trayectoria") puede variar, bien debido a que el piloto haya alterado el curso (se permite generalmente cierto desvío del curso planeado a los pilotos) o debido a vientos laterales. Finalmente, para aeronaves en un ascenso o descenso existe una incertidumbre vertical debida a diferencias de rendimiento entre aeronaves de un tipo similar, a preferencias operativas del piloto o de la aerolínea y a la masa total de la aeronave. No existe una incertidumbre vertical asociada con una aeronave en un vuelo horizontal (aunque existe una tolerancia aceptada de 200 pies en torno al nivel autorizado en el cual se permite que opere la aeronave y que sigue considerándose que se mantiene en un vuelo horizontal).

40 Estas incertidumbres aumentan cuando la trayectoria incluye un cambio de rumbo o de altitud. El radio de un giro dependerá del rendimiento de la aeronave y de la magnitud de cambio del curso, y el momento de comienzo del giro dependerá del piloto (aunque los estándares de navegación definen cómo debería ser la aeronave cuando se realizan cambios de curso). Los giros pueden ser realizados en vuelo horizontal o mientras se asciende o se desciende. Cuando se asciende, la máxima velocidad de ascenso dependerá del rendimiento y de la masa de la aeronave, al igual que del clima, y el piloto escogerá la velocidad de ascenso y el comienzo del ascenso
45 (generalmente entre límites operativos estándar); se aplican consideraciones similares al descenso.

50 Por lo tanto, como se muestra en la Figura 4, la predicción de la trayectoria para cada punto futuro a lo largo de la trayectoria incluye datos de incertidumbre que consisten en datos bidimensionales de incertidumbre (a lo largo y a través de la trayectoria) y en datos de incertidumbre de la altitud. Esto se muestra como una elipse caracterizada por dos ejes correspondientes a incertidumbre a lo largo de la trayectoria y a través de la trayectoria. Se pretende que el límite de la elipse se corresponda, en esta realización, con un 95% de probabilidad de que la posición de la aeronave se encuentre dentro de la misma. En general, el tamaño de la región de incertidumbre aumenta cuanto más adelantado en el tiempo esté el punto de predicción, dado que la incertidumbre en cualquier punto dado a lo largo de la trayectoria se ve afectado por la incertidumbre en todos los puntos anteriores.

55 La Figura 5 ilustra los datos empleados en el predictor 1082 de la trayectoria. Los datos introducidos comprenden datos de la aeronave (por ejemplo, datos de rendimiento deducidos de la base 112 de datos).

Datos de vuelo

Los datos de vuelo incluyen:

- Identificador ICAO del tipo de aeronave
- Hora de inicio
- 5 • Punto de referencia inicial
- Ruta autorizada —incluyendo los códigos ICAO de origen y de destino—
- Nivel solicitado de vuelo
- Estado del plan de vuelo (pendiente, activo, activación OLDI o provisional)

Datos del espacio aéreo

10 Los datos del espacio aéreo incluyen

- Una lista de todos los puntos de referencia (incluyendo puntos de referencia relevantes fuera del UKFIR)
- Definición de los límites del sector

15 El límite del sector sería utilizado para procesar para establecer el último punto en el que se necesita comenzar un ascenso o un descenso para alcanzar el nivel requerido por el límite del sector. (Este procesamiento puede no ser requerido).

Datos del radar

Los datos del radar están disponibles con un índice de muestreo de 6 segundos. (Este es el índice de muestreo existente para el radar en ruta). Los datos de la derrota del radar proporcionan:

- Hora
- 20 • Posición de la aeronave —sistema de coordenadas x, y—
- Altitud de modo C (altitud barométrica)

También están disponibles los siguientes parámetros de seguimiento por radar para cada derrota del radar:

- Velocidad absoluta —velocidad y trayectoria sobre el terreno—
- Velocidad de cambio de altitud (de ascenso/descenso) —deducida de la altitud de Modo C—.

Datos de instrucción táctica

25 Los datos de instrucción táctica (es decir, instrucciones dictadas por el controlador táctico al piloto de la aeronave por medio del casco telefónico 320 de radio, tal como un curso o altitud ordenados) son introducidos en el sistema directamente por medio del teclado 316 por el controlador.

30 Cada instrucción táctica tiene una marca horaria. La hora se corresponderá con la hora en la que se introdujeron los datos tácticos. La introducción de los datos tácticos podría ser antes o después de la colación por parte del piloto.

Datos de rendimiento de la aeronave

El sistema utiliza un modelo de rendimiento de la aeronave para obtener los datos necesarios de rendimiento de la aeronave:

- Velocidad verdadera
- 35 • Velocidad de ascenso/descenso
- Ángulo de inclinación

La base 112 de datos proporciona al modelo de rendimiento de la aeronave los siguientes datos requeridos para derivar los datos de rendimiento de la aeronave:

- Tipo ICAO de aeronave
- 40 • Temperatura a nivel del mar (a partir de datos MET)
- Modelo de masas
- Estado de maniobra lateral/vertical (deducido a partir de datos de radar)

Datos meteorológicos

45 El sistema requiere datos del vector pronosticado del viento y de temperatura. Los datos de viento y de temperatura se obtienen a partir de los datos pronosticados.

Las componentes del vector del viento y de la temperatura están definidas en cada punto de la cuadrícula.

Declinación magnética

Uno de los factores que afectan a la precisión del predictor de la trayectoria es la declinación magnética, es decir la variación del norte magnético con respecto al norte verdadero en distintas posiciones.

Datos de masas

5 La masa estimada de la aeronave en la fase apropiada del vuelo. Los cálculos llevados a cabo comprenden modelar el rendimiento de la aeronave; modelar las condiciones atmosféricas; modelar las condiciones meteorológicas; calcular la pluralidad de segmentos de trayectoria para cada aeronave; calcular la incertidumbre en cada segmento; y construir la trayectoria.

10 Con referencia a la Figura 6, se utiliza el pronóstico meteorológico actual de la estación meteorológica 106 para llevar a cabo una consulta meteorológica que proporciona la temperatura pronosticada del mar y el viento pronosticado en el periodo de predicción. Se utiliza el modelo atmosférico para calcular la densidad del aire ambiente pronosticada en el periodo de predicción.

15 A partir del modelo de rendimiento de la aeronave, se utilizan los coeficientes aerodinámicos de la aeronave, y el rendimiento lateral y vertical, junto con el viento pronosticado y la densidad del aire, y las maniobras pronosticadas que serán llevadas a cabo por la aeronave, para calcular una posición pronosticada futura para un estado futuro (i) en un momento futuro (t_i). El registro para cada punto calculado de trayectoria contiene los siguientes campos:

- tiempo (la variable independiente)
- aplicación escalonada del tiempo de integración en este punto TP (variable independiente)
- posición: latitud y longitud (deducidos del estado)
- 20 • posición: coordenadas cartesianas x-y (estado)
- distancia a lo largo de la trayectoria desde el comienzo de la trayectoria (deducida del estado)
- altitud barométrica (FL) (estado)
- velocidad verdadera (TAS) (estado)
- rumbo verdadero de la aeronave (estado)
- 25 • cambio de rumbo de la aeronave (cambio de estado)
- velocidad de ascenso/descenso (ROCD) (cambio de estado). Una velocidad de descenso es negativa.
- velocidad y trayectoria sobre el terreno de la aeronave (deducida del estado)
- estado de maniobra lateral {girando; rumbo fijo} y estado de maniobra vertical {ascenso; descenso; crucero} (estado – utilizado para seleccionar el modelo de cambio de estado)
- 30 • tipo de punto: {punto de ruta; TOC; BOC; TOD; BOD; ...} (significa una transición de estado para el modelo de cambio de estado – utilizado para iniciar el cambio en el modelo de cambio de estado)
- a lo largo de la trayectoria/a través de la trayectoria UZ: elipse de error (definida por una matriz de covarianza de 2×2) (incertidumbre en el estado)
- altitud UZ: límites superior e inferior de la altitud (incertidumbre en el estado).

35 Se calcula la velocidad de variación de la posición y cada una de las anteriores variables, y a partir de esto, se calcula el estado en el punto futuro ($i+1$) al avanzar en el tiempo hasta el instante (t_{i+1}), aplicando las velocidades de variación calculadas.

40 Por lo tanto, en cada instante de ejecución del predictor 1082 de la trayectoria (es decir, cada 6 segundos), el ordenador servidor calcula, para cada aeronave, un conjunto de puntos futuros de trayectoria, comenzando con la posición presente conocida de la aeronave y realizando un pronóstico adelantándose en el tiempo en función de la velocidad de variación prevista de la posición y otras variables hasta el siguiente punto; y así sucesivamente de forma reiterada durante una ventana temporal futura de 20 minutos.

45 La salida del predictor de la trayectoria es suministrada al detector 1084 de conflictos a medio plazo. También está disponible para ser representada en una interfaz hombre-máquina (HMI) como se expone con más detalle a continuación, para sus grabación y un análisis si se desea; y para una monitorización del plan de vuelo. La monitorización del plan de vuelo consiste en comparar la posición recién pronosticada de la aeronave con la trayectoria pronosticada anteriormente, para determinar si la aeronave se está desviando de la trayectoria pronosticada.

Detector 1084 de conflictos a medio plazo

50 Se expondrá ahora la operación del detector 1084 de conflictos a medio plazo. En general, se concibe que el detector 1084 de conflictos detecte las interacciones espaciales entre pares de aeronaves. Un controlador dado de tráfico aéreo puede necesitar estar al tanto de 20 aeronaves en el sector. Cada aeronave puede aproximarse a cada una de las otras aeronaves, lo que da lugar a un número elevado de interacciones potenciales. Solo aquellas interacciones en las que es probable que la aproximación sea cercana son de inquietud para el controlador.

Con referencia a la Figura 7, se muestra una instantánea de las posiciones pronosticadas para dos vuelos en un momento especificado del futuro. En este momento, la distancia entre las posiciones nominales pronosticadas, d_{nom} , es inevitablemente mayor que la distancia mínima entre las envolventes de incertidumbre de las dos aeronaves. En la Figura 7, que no está a escala, las envolventes mostradas representan un nivel de confianza del 95% de que la futura posición de la aeronave en el tiempo de interés se encontrará dentro de la elipse sombreada. La forma elíptica es debida a la combinación estadística de múltiples variables de los errores a lo largo de la trayectoria y a través de la trayectoria y, en general, sería diferente para las dos aeronaves (en vez de similar como se muestra en el esquema). Dada la incertidumbre calculada, es importante, por lo tanto, que se calcule la distancia entre las dos regiones de incertidumbre d_{cert} .

La Figura 6 muestra las dos trayectorias de las aeronaves que convergen en una vista en planta. Sin embargo, podrían ser divergentes o estar separadas en altitud; el hecho de que en una vista en planta parezca que las trayectorias que se cruzan no indica si la interacción entre las aeronaves es problemática, porque no indica si ambas aeronaves llegan simultáneamente a la intersección.

El detector de conflictos a medio plazo determina la interacción entre cada par de aeronaves y calcula un conjunto de datos que representan cada una de tales interacciones, incluyendo el primer punto temporal en el que pueden (teniendo en cuenta la incertidumbre) aproximarse entre sí demasiado estrechamente; el instante de la aproximación más cercana; y el instante en el que se separan lo suficientemente entre sí después de la interacción.

El detector 1084 de conflictos a medio plazo recibe los datos de trayectoria para cada aeronave del predictor 1082 de la trayectoria. Como se ha expuesto anteriormente, cada trayectoria consiste en una pluralidad de puntos de posición, incluyendo los datos en cada punto la posición temporal (X, Y), la altitud, la velocidad absoluta, la trayectoria sobre el terreno, la velocidad vertical, la covarianza de incertidumbre (es decir, una medición de incertidumbre a lo largo de la trayectoria y a través de la trayectoria) y la incertidumbre de altitud. El detector 104 de conflictos a medio plazo puede interpolar los valores correspondientes de datos en puntos intermedios, cuando sea necesario, como sigue:

$$\alpha(t) = \frac{(t - t_i)}{t_{i+1} - t_i}$$

$$x(t) = (1 - \alpha(t))x(t_i) + \alpha(t)x(t_{i+1})$$

Para abordar la incertidumbre vertical, la dimensión de altitud se divide en segmentos de nivel de vuelo, y cuando los datos de incertidumbre procedentes del predictor 1082 de la trayectoria se encuentran a menos de 200 pies de un nivel de vuelo dado, entonces se considera que ese nivel de vuelo está "ocupado" por la aeronave, además del nivel de vuelo en el que se encuentra su altitud nominal.

Con más detalle, con referencia a la Figura 8, en cada instante de operación (por ejemplo, después de obtener un nuevo conjunto de datos del TP 1082, por lo tanto al menos una vez cada 6 segundos) el MTCD 1084 selecciona una primera aeronave A (etapa 402) y luego selecciona una aeronave B1 adicional (etapa 404).

En la etapa 406, se comparan los niveles de vuelo ocupados por el par de aeronaves a lo largo de sus trayectorias. Si no existe ningún solapamiento entre los niveles de vuelo, el MTCD prosigue a la siguiente etapa 414, para seleccionar la siguiente aeronave.

Si el par de aeronaves ocupa, en algún punto a lo largo de sus trayectorias, el mismo nivel, entonces en la etapa 408 el MTCD 1084 determina si ocupan el o los mismos niveles al mismo o mismos tiempos y si no lo hacen, el control prosigue a la etapa 414. De lo contrario (es decir, cuando las aeronaves pueden mostrar el mismo nivel de vuelo simultáneamente en algún momento futuro a lo largo de sus trayectorias) en la etapa 410, utilizando los datos de trayectoria para la aeronave A, B, el MTCD 1084 encuentra el punto en el que las dos trayectorias se aproximan más estrechamente (en coordenadas X, Y).

Habiendo ubicado este punto, en la trayectoria de cada una de las aeronaves, el MTCD 1084 calcula (etapa 412) otros datos que caracterizan o clasifican la interacción. También se calculan los rumbos relativos entre el par de aeronaves en el punto de aproximación más cercano a partir de sus trayectorias, y se clasifican las interacciones en "de frente" (en las que el rumbo relativo se encuentra entre 135-225°); "siguiendo" (en las que los rumbos relativos se encuentran entre más/menos 45°); y "cruzando" (en las que los rumbos relativos se encuentran entre 45-135° o 225-270°). Por supuesto, son posibles otros intervalos angulares.

Después de la clasificación, el control prosigue a la etapa 414, en la que, hasta que se hayan considerado todas las aeronaves adicionales, el control prosigue de nuevo a la etapa 404 para seleccionar la siguiente aeronave (o, después de que se han considerado todas, en la etapa 416, si sigue habiendo más aeronaves de prueba, el control prosigue de nuevo a la etapa 402 para seleccionar la siguiente aeronave de prueba).

- La clasificación utiliza los dos umbrales de distancia; un umbral mínimo de separación de radar (generalmente 5 millas náuticas aunque podría ser de 10 millas náuticas en áreas hacia los extremos de la cobertura del radar), y un umbral superior “de interés” (establecido típicamente en 20 millas náuticas, que es la separación mínima que puede aplicar un controlador de planificación a aeronaves sin consultar primero con un controlador táctico). En la Figura 9 se muestran los datos calculados para cada interacción (es decir, tiempo en torno a un punto de aproximación más cercana). En la Figura 9 se muestran los puntos en los que la distancia entre las regiones de incertidumbre de las dos aeronaves D_{cert} (mostrada en la Figura 7) cae por primera vez por debajo del umbral relevante como el punto de “inicio de intrusión”, y el punto en el que, después de la interacción, D_{cert} supera por primera vez el umbral de separación es el final del punto de intrusión. Se muestra el punto en el que la distancia nominal calculada D_{nom} entre las posiciones futuras pronosticadas de las dos aeronaves cae por primera vez por debajo del umbral relevante como el punto umbral de intrusión, y asimismo el punto en el que la distancia nominal D_{nom} supera por primera vez el umbral de nuevo es el final del punto de intrusión. El punto de aproximación más cercana es en el que la distancia nominal D_{nom} es mínima. La distancia mínima de la que se informa es la distancia entre las zonas de incertidumbre en el instante de aproximación nominal más cercana (es decir, D_{cert} en el instante de D_{nom} mínima).
- Con referencia a la Figura 11, se describirá con más detalle ahora el procedimiento de clasificación. El procedimiento de clasificación sigue dos etapas: clasificación inicial basada en una distancia mínima de aproximación más cercana pronosticada y una clasificación secundaria basada en estados de navegación (instrucciones de ruta o rumbo) en los que están operando las aeronaves implicadas.
- Si (etapa 422), en el punto de aproximación más cercana, ni D_{cert} ni D_{nom} es menor que el umbral de distancia “de interés” (es decir, 20 millas náuticas), se descarta la interacción (etapa 424).
- De lo contrario (etapa 426), si D_{cert} es menor que el umbral de distancia “de interés” pero mayor que el umbral de separación mínima (es decir, 5 millas náuticas) entonces se clasifica la interacción como “incierta” (etapa 428) y se almacena un registro correspondiente de interacción “incierta” que, como se expone a continuación, será procesado posteriormente.
- Cuando (etapa 426) la distancia D_{cert} en la aproximación más cercana es menor que la separación mínima aceptable (es decir, 5 millas náuticas), el MTCD 1084 clasifica la interacción como una interacción “infringida” (etapa 432).
- Para cada interacción en la clase “incierta”, el MTCD 1084 determina (etapa 434) si las aeronaves implicadas están siguiendo su propia navegación o siguiendo un rumbo. En este punto, puede ser conveniente explicar la diferencia entre las dos posibilidades. Se requiere que las aeronaves que están siguiendo su propia navegación (es decir, siguiendo sus rutas presentadas, o en una ruta corregida dictada por el controlador) se adhieran a su trayectoria de vuelo pero pueden desviarse hasta 5 millas náuticas de su línea central de la ruta (según se define en el estándar de navegación RNP-5). Sin embargo, es posible que el controlador de vuelo dicte instrucciones al piloto, indicando que vuele un rumbo específico. Cuando se hace esto, el piloto podrá utilizar fácilmente la brújula de la aeronave para adherirse estrechamente al rumbo ordenado, reduciendo eficazmente de esta manera el error a través de la trayectoria casi a cero.
- Según la presente realización, cuando un controlador dicta una instrucción de rumbo al piloto por medio del casco telefónico 320, y recibe como respuesta una confirmación del piloto, el controlador introduce una instrucción “siguiendo un rumbo” por medio del teclado 316, en respuesta a lo cual el terminal 318 envía señales por medio de la red 310 al ordenador central 108 que la aeronave implicada está siguiendo un rumbo, y se almacenan los datos de la instrucción “siguiendo un rumbo” con respecto a esa aeronave. Entonces, se pasa la bandera de “siguiendo un rumbo” al MTCD 1084.
- Según la presente realización, cuando el MTCD examina una interacción incierta como se ha descrito anteriormente en la etapa 434, determina si la aeronave está o no siguiendo un rumbo. Cuando ninguna de las aeronaves está siguiendo un rumbo, se clasifica la interacción como “no segura” (etapa 438). Por otra parte, cuando ambas aeronaves están siguiendo un rumbo, el MTCD aplica distintos criterios. En el caso más sencillo, el MTCD 1084 clasifica la interacción como “segura” si también hay una separación mínima en una “vista en planta” de 5 millas náuticas (para garantizar que se pronostica que la separación horizontal real entre las aeronaves está garantizada con independencia del rendimiento vertical).
- De forma alternativa, el MTCD puede determinar si la distancia mínima D_{cert} supera un umbral inferior de separación o reduce el error a través de la trayectoria a cero, y luego realizar un nuevo ensayo.

Múltiples trayectorias

- La operación del predictor 1082 de la trayectoria y del detector 1084 de conflictos a medio plazo ha sido descrita con referencia a las trayectorias pronosticadas de pares de aeronaves. Es posible que una aeronave dada pueda estar asociada con más de un tipo de trayectoria. Por ejemplo, antes de que la aeronave se encuentre bajo el control del controlador táctico, puede haber tenido una trayectoria asociada (como se ha expuesto de forma breve anteriormente), en función de su plan de vuelo y nivel de entrada designada.

En segundo lugar, como se ha mencionado anteriormente, cuando se detecta, por medio de radar, que una aeronave, se encuentra en una trayectoria que se está apartando de la trayectoria pronosticada anteriormente, el predictor 1082 de la trayectoria está dispuesto, preferentemente, para calcular una “trayectoria de desvío” al extrapolar el rumbo recién detectado de la aeronave, al igual que mantener la trayectoria almacenada anteriormente.

5 En este caso, tanto la trayectoria almacenada anteriormente como la trayectoria de desvío recién calculada son suministradas al MTCD 1084 y son utilizadas para detectar conflictos.

Finalmente, en realizaciones preferentes, el controlador puede introducir datos que definen una trayectoria provisional (para comprobar el efecto de encaminamiento de una aeronave a lo largo de la trayectoria provisional). El MTCD está dispuesto para recibir, además de la trayectoria calculada y cualquier trayectoria de desvío, una

10 trayectoria provisional y para calcular las interacciones que se producirían si se adoptase esa trayectoria.

Interfaz hombre-máquina

Se describirán ahora algunos de las representaciones visuales disponibles en la pantalla 314. La Figura 12 muestra una representación visual de un monitor de separación que comprende un eje horizontal 3142, que muestra el tiempo (en minutos) hasta una interacción, y un eje vertical 3144 para indicar la separación (en millas náuticas) entre

15 las aeronaves pareadas. En esta realización, la separación indicada es la separación mínima; es decir, la separación mínima garantizada (teniendo en cuenta la incertidumbre) en el instante de la aproximación más cercana. Sin embargo, en esta realización, el tiempo hasta la interacción indicado es el tiempo hasta el punto de pérdida de separación (es decir, el comienzo de la interacción) para interacciones infringidas, o el tiempo de aproximación nominal más cercana para interacciones segura o no segura.

20 Se muestra una pluralidad de símbolos (designados 3146a-3146g), representando cada uno una interacción respectiva entre un par de aeronaves. Se describirá ahora el significado de estos, de uno en uno. Cada símbolo consiste en un color y una forma, en una posición en el gráfico que representa una separación en un momento futuro. Tiene una etiqueta asociado que comprende una caja que incluye los códigos de identificación de los dos vuelos. La forma indica la clasificación del tipo de geometría de interacción (alcanzando, cruzando o de frente).

25 El símbolo 3146b está en un punto que indica una separación mínima de 1 milla náutica, con una pérdida de separación de 5 millas que se pronostica que comience en 2,5 minutos. La forma en este caso comprende dos flechas apuntando en la misma dirección. Eso indica una interacción de alcance en la que una aeronave está alcanzando a otra (es decir, están volando en rumbos aproximadamente paralelos o que convergen lentamente), como se ha expuesto anteriormente. El color del símbolo es rojo, que indica una interacción infringida (como se ha descrito anteriormente). La etiqueta indica los números de vuelo SAS 123 y BLX 8315. Por lo tanto, el controlador puede ver que se producirá una interacción infringida que comenzará en un tiempo de 2,5 minutos que implica a ese

30 par de aeronaves, una alcanzando a la otra.

3146a tiene un símbolo que consiste en una flecha que se encuentra con una barra. Esto indica que la interacción es una interacción de tipo cruzando (en otras palabras, una aeronave está aproximándose desde el lado de la otra). La interacción muestra una separación mínima (que en esta realización es la distancia mínima entre regiones de incertidumbre D_{cert}) de aproximadamente 6 millas náuticas en aproximadamente 1,5 minutos. Esto se corresponde con una clasificación de “segura”, y tiene un color verde. De forma similar, 3146f denota otra interacción “segura” y tiene un color verde; la interacción es una interacción de tipo siguiendo similar a la de 2146b.

35 3146e y 3146g son ambas amarillas, indicando que están clasificadas como interacciones “no seguras” (en otras palabras, la aeronave en cada caso están bien siguiendo su propia navegación, o han recibido la instrucción de que sigan rumbos que no proporcionan una separación horizontal de 5 millas), y se muestra la separación mínima D_{cert} entre ellas, en cada caso superior a 5 millas náuticas. 3146e representa una interacción de alcance y 3146g una interacción de cruce.

40 3146c es una interacción de cruce, mostrada en blanco, que indica una “interacción de desvío”, es decir una interacción entre dos aeronaves, al menos una de las cuales ha sido detectada (por el monitor de la trayectoria de vuelo) que se desvía de su trayectoria pronosticada, bien de forma lateral o bien vertical. La interacción de desvío está identificada por el MTCD 1084 sondeando una “trayectoria de desvío” que está generada por el TP 1082 y extrapola el comportamiento observado de la aeronave que ha sido detectada que se ha desviado de su autorización, como se ha expuesto anteriormente. La interacción de desvío, aunque se muestra al controlador en

45 blanco (de forma que se diferencie claramente de otras interacciones) está clasificada por el MTCD 1084 bien como infringida o bien como no segura utilizando la lógica descrita anteriormente (una interacción de desvío no puede, por definición, ser clasificada como segura).

El controlador de vuelo se encuentra ahora en posición de determinar, a partir del monitor de separación, no solo aquellos pares de aeronaves que dan lugar a preocupaciones, sino también lo que debería hacer al respecto.

55 Las interacciones que se muestran como “infringidas” requerirán que cambie la autorización vertical o de navegación de una aeronave, o de ambas, antes de que se pronostique que se produzca el transcurso del tiempo de interacción, o una infracción de la separación mínima de 5 millas náuticas.

La aeronave que se muestra como “segura” no requiere ninguna acción de él. Las mostradas como “no seguras” requieren que intervenga, e indican que al poner a ambas aeronaves en un rumbo, puede cambiar su estado a “segura” y luego estar seguro de que no será infringida la separación mínima de 5 millas náuticas. Al dictar el controlador tal instrucción, la siguiente vez que el MTC D 1084 lleve a cabo un ciclo de clasificación (es decir, en menos de 6 segundos) en la etapa 434 la interacción será clasificada como “segura” y el color del símbolo cambiará, permitiendo que el controlador no tenga más inquietudes acerca de la interacción.

De esta forma, se permite que los controladores tomen decisiones rápidamente. Se apreciará que el encaminamiento de una aeronave por una ruta alternativa puede requerir cierta reflexión si debe mantenerse alejada de todas las demás y, por lo tanto, la capacidad para distinguir entre aquellas que requieren un encaminamiento por una ruta alternativa de las que pueden ser fijadas en un rumbo es ventajosa.

Además, es ventajoso indicar la geometría de interacción, para ayudar al controlador tanto a crearse una imagen mental de la aeronave a la que está controlando como a saber qué hacer al respecto. Apreciará que las aeronaves que estén aproximándose de frente tenderán a aproximarse entre sí más rápidamente, de forma que la duración de la interacción es menor que la pérdida inicial de separación hasta la aproximación más cercana y, por lo tanto, tal interacción necesita una gestión más urgente. Además, al resolver tales interacciones, puede ver cómo dar instrucciones a los pilotos de forma que se separen los vuelos; por ejemplo, en el caso de una interacción de frente puede dar instrucciones a ambas aeronaves a girar a la izquierda, mientras que en el caso de una interacción de alcance puede decir a una que gire a la izquierda y a la otra que gire a la derecha.

Con referencia a la Figura 13, se muestra una segunda representación visual que permite al controlador planificar los riesgos verticales. La segunda representación visual proporciona un eje horizontal 3152 que muestra la distancia (aunque se podría utilizar, de forma alternativa, el tiempo) y un eje vertical 3154 que muestra la altitud.

En la esquina superior izquierda de la representación visual hay una caja 3156 de texto del identificador que indica la identidad del vuelo con el que está relacionada la representación visual. Un punto 3158 ubicado en cero en el eje de distancia muestra la presente altitud del vuelo indicada en la caja 3156 de texto, y la línea 3160 indica la trayectoria pronosticada del vuelo en cuestión. Esta es normalmente la trayectoria actualmente pronosticada de la aeronave, pero en la realización preferente el controlador puede introducir, además, una trayectoria provisional o “hipotética”, para comprobar el efecto antes de dictar instrucciones al piloto.

En este caso, se podrá ver que la trayectoria 3160 indica un ascenso hasta un nivel de vuelo de 340 (es decir, una altitud barométrica de $32 \times 100 =$ aproximadamente 34.000 pies dependiendo de la presión atmosférica local) a una distancia de 30 millas náuticas por delante de la presente aeronave a lo largo de su trayectoria, seguido de un vuelo horizontal a ese nivel de vuelo. Una línea 3162 de extensión prolonga la porción de ascenso de la trayectoria 3160, de forma que indique el efecto de la aeronave que continúa ascendiendo en vez de comenzar un vuelo horizontal, y una trayectoria 3164 indica la velocidad nominal de descenso de la que es capaz la aeronave.

También se muestran cuatro símbolos 3170a, 31470b, 31470c, 31470d que indican otras aeronaves. Como antes, cada símbolo tiene una forma y un color, y las formas y los colores tienen el mismo significado que en la Figura 12. Tomando los símbolos uno por uno, el símbolo en 3170d consiste en un símbolo, acompañado de una caja de texto que indica el nombre del vuelo en cuestión. La posición del símbolo indica que el vuelo será objeto de aproximación después de aproximadamente 85 millas náuticas. Por lo tanto, 3170d muestra dos flechas que se desplazan en la misma dirección y, por lo tanto, indica que un vuelo está rebasando al otro. 3170d está ubicado en el nivel de vuelo 350 (aproximadamente 35.000 pies), y tiene un color amarillo para indicar que es una interacción no segura. Por lo tanto, el controlador puede ver que se puede hacer segura la interacción entre los dos vuelos al fijarlos en un rumbo.

3170b muestra un símbolo de color verde para indicar que es una interacción “segura” en otras palabras, con independencia de las altitudes, los rumbos son tales que los vuelos estarán separados por al menos la distancia mínima requerida y no es necesaria ninguna acción por parte del controlador.

3170c muestra la interacción con una aeronave. Se muestra la aeronave en el nivel de vuelo 330, lo que indica que la interacción está infringida en ese nivel. El símbolo indica que la interacción es una interacción de frente. El símbolo está rodeado por una caja de límites que se extiende descendiendo hasta el nivel de vuelo 300. Dentro de esta caja, también se muestran símbolos, en amarillo, en los niveles de vuelo 310 y 320, que indican que habría interacciones “no seguras” en esos niveles. Rodeando la porción ascendente de la trayectoria 3160 hay una zona 3180 de incertidumbre. Esto indica, arriba y hacia la izquierda, la máxima velocidad posible a la que la aeronave puede ascender y, abajo y hacia la derecha, la mínima velocidad de ascenso pronosticada.

La interpretación realizada por el controlador de la interacción denotada por el símbolo 3170c es como sigue. Se espera que la aeronave representada por el símbolo 3170c se encuentre en el nivel de vuelo 330 en el momento de la interacción. En ese momento se encuentra en el nivel de vuelo 300, y ha sido autorizada para ascender hasta el nivel de vuelo 330. La caja de límites que forma parte del símbolo 3170c (y los otros símbolos) muestra, por lo tanto, todos los niveles autorizados por los que esa aeronave está autorizada en ese momento a ascender o descender a medio plazo. La razón es que, aunque se espera que la trayectoria de la aeronave ascienda hasta 330 antes del momento de la interacción, puede quedarse a esta altitud actual, o ascender mucho más lentamente. Por lo tanto,

representar visualmente todas las altitudes por las que está autorizada para volar a medio plazo representa una medida adicional de seguridad para el controlador dado que solo bajo circunstancias excepcionales infringirá una aeronave sus niveles autorizados. El controlador puede mantener una “separación técnica” entre los vuelos.

5 El controlador también puede determinar que la aeronave denotada por la trayectoria 3160 debería haber ascendido más allá de la aeronave denotada por el símbolo en 3170c hasta una altitud de 340 antes del momento en que se haya desplazado 50 millas náuticas, aunque ascienda a su mínima velocidad de ascenso pronosticada. Normalmente, las aeronaves ascienden significativamente más rápido de su velocidad mínima pronosticada, de forma que se maximicen los intervalos de vuelo horizontal. Sin embargo, si el piloto escogiese ascender a una velocidad menor, podría interactuar con el vuelo mostrado por el símbolo en 3170c.

10 Finalmente, se muestra en rojo el vuelo indicado por el símbolo 3170a, pero la región de incertidumbre mostrada como 3180 indica que la aeronave no puede ascender lo suficientemente rápido como para interactuar con el mismo. Sin embargo, si se desea mantener una “separación técnica” (es decir, dictar una autorización sin riesgo), el controlador no puede hacer ascender a la presente aeronave por encima del nivel de vuelo 350 hasta que 3170a haya abandonado el nivel de vuelo 360 (dado que la trayectoria 3170a podría, inesperadamente, reducir su
15 velocidad de ascenso).

Por lo tanto, el controlador puede ver que, con la condición de que la aeronave siga la trayectoria 3160, evitará interacciones con todas las demás aeronaves, pero si continúa ascendiendo más allá de la altitud de 340 sería necesario intervenir (al fijar las aeronaves en rumbos) para evitar la aeronave mostrada por el símbolo 3170d, y si la aeronave asciende demasiado lentamente interactuará con la aeronave denotada por el símbolo 3170c.

20 A la derecha de la representación visual se proporciona un control del rumbo que consiste en un medio arqueado 3202 de visualización del rumbo, centrado en el rumbo actual de la aeronave que está siendo controlada. Al pulsar sobre las flechas en ambos lados del medio arqueado de visualización, o al escribir directamente un nuevo rumbo utilizando el teclado, el controlador puede introducir una nueva trayectoria provisional que, como se ha expuesto anteriormente, será pronosticada por el predictor de la trayectoria y se volverán a calcular las interacciones
25 correspondientes por medio del detector 1084 de conflictos a medio plazo.

De forma alternativa, desde un medio 3204 de visualización de puntos de ruta, el controlador puede seleccionar uno de una pluralidad de puntos de ruta para indicar que las aeronaves seleccionadas vuelan hacia el punto de ruta. La representación visual del tipo de interacción (por ejemplo, de frente, lateral o seguimiento) es de ayuda para el controlador para determinar una trayectoria introducida adecuada para reducir la gravedad de la interacción. Si el
30 operario encuentra una nueva trayectoria que elimine las transacciones “infringidas” o “no seguras”, entonces envía instrucciones al piloto por medio del casco telefónico 320, e introduce la nueva trayectoria (al seleccionar el botón “Intro” en la pantalla 314b) y, de ahí en adelante, el predictor 1082 de la trayectoria emplea la nueva trayectoria para esa aeronave.

35 Finalmente, aunque no se muestra aquí, se proporciona de forma conveniente un medio de visualización lateral en el que se presenta superpuesta en la representación visual de la situación por radar una vista simplificada en planta de las trayectorias de aeronaves, con flechas que indican las direcciones de vuelo y las posiciones pronosticadas de las aeronaves en la aproximación más cercana.

Otras variantes y realizaciones

40 Aunque se han descrito anteriormente realizaciones de la invención, será evidente que se podrían emplear muchas otras modificaciones y variaciones sin alejarse de la invención.

Aunque se ha descrito que un ordenador central proporciona las funciones de predicción de la trayectoria y de detección de conflictos para un sector del espacio aéreo, se podrían distribuir las mismas funciones en múltiples ordenadores o, de forma alternativa, se podrían llevar a cabo todos los cálculos para múltiples sectores en un único
45 ordenador. Sin embargo, se encontró particularmente conveniente proporcionar un servidor (o más) para cada sector, dado que entonces solo es necesario calcular el número limitado de interacciones entre aeronaves en ese sector (apreciándose que el número de interacciones aumenta según el cuadrado del número de aeronaves).

Aunque se describe que los terminales llevan a cabo la interfaz hombre-máquina y reciben y transmiten datos al ordenador central, se podrían proporcionar terminales “pasivos” (o se podrían llevar a cabo los cálculos en el ordenador central). Muchas otras modificaciones serán evidentes para el experto en la técnica.

50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control del tráfico aéreo, para ser utilizado por un controlador que controla una pluralidad de aeronaves, que comprende un procesador, un dispositivo de entrada y un dispositivo de visualización, que comprende, además:
- 5 un medio de predicción de la trayectoria para calcular una trayectoria para cada una de dichas aeronaves, para introducir datos de la posición detectada de las aeronaves, y para volver a calcular dichas trayectorias en función de dichos datos de posición, y
- 10 un medio de detección de conflicto para detectar, en función de dichas trayectorias, futuras circunstancias en las que pares de dichas aeronaves violan ensayos predeterminados de proximidad, y para provocar una representación visual en dicho dispositivo de visualización que indique dichas circunstancias,
- caracterizado porque**
- el sistema está dispuesto para representar visualmente cada una de dicho conjunto de circunstancias como un símbolo gráfico seleccionado de un conjunto de símbolos predeterminados, correspondiéndose cada uno con una relación direccional entre los rumbos de las aeronaves del par.
- 15 2. Un sistema según la reivindicación 1, en el que el conjunto comprende: un primer símbolo que indica que cada aeronave está aproximándose a la otra, un segundo símbolo que indica que una aeronave está aproximándose a la otra desde un lado de la misma, y un tercer símbolo que indica que una aeronave está alcanzando a la otra.

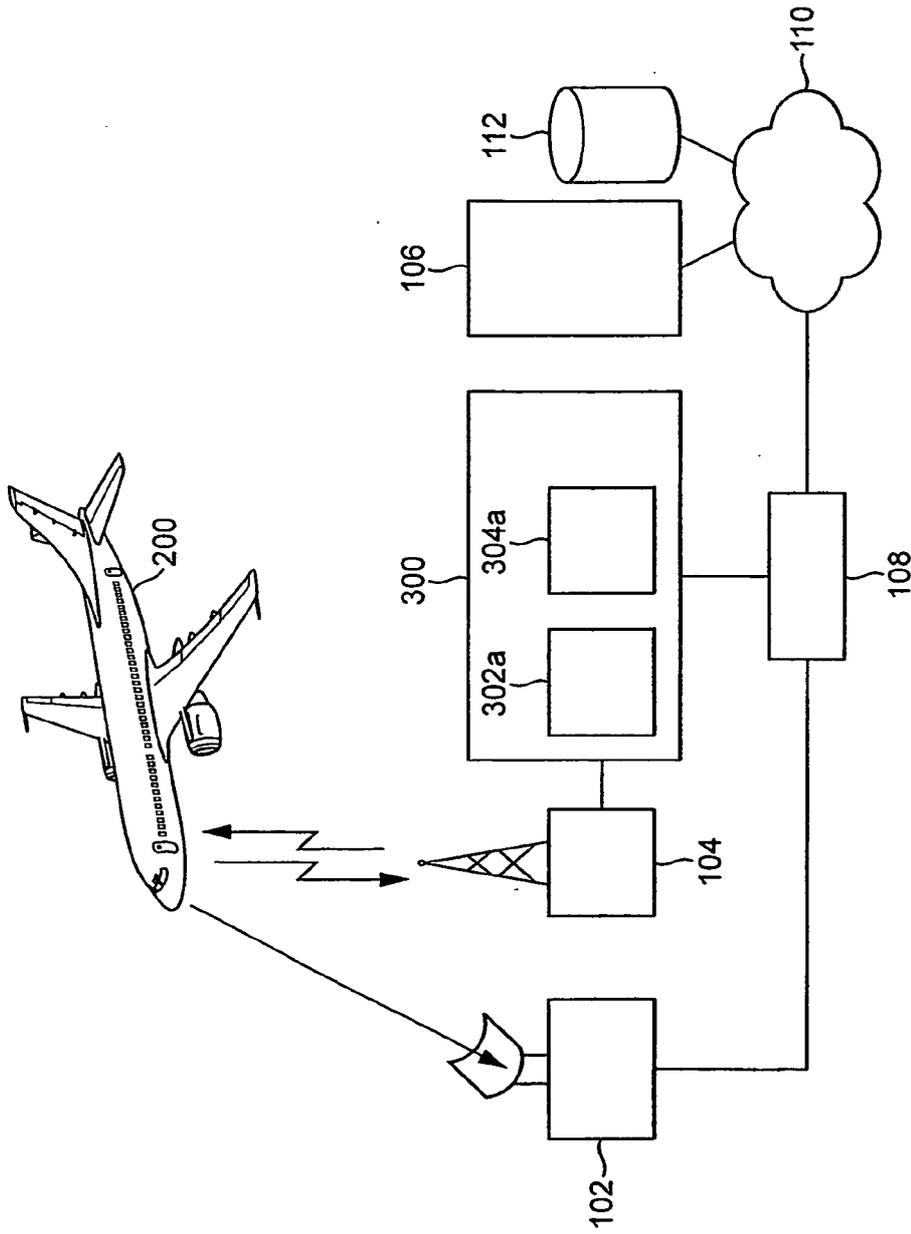


FIG. 1

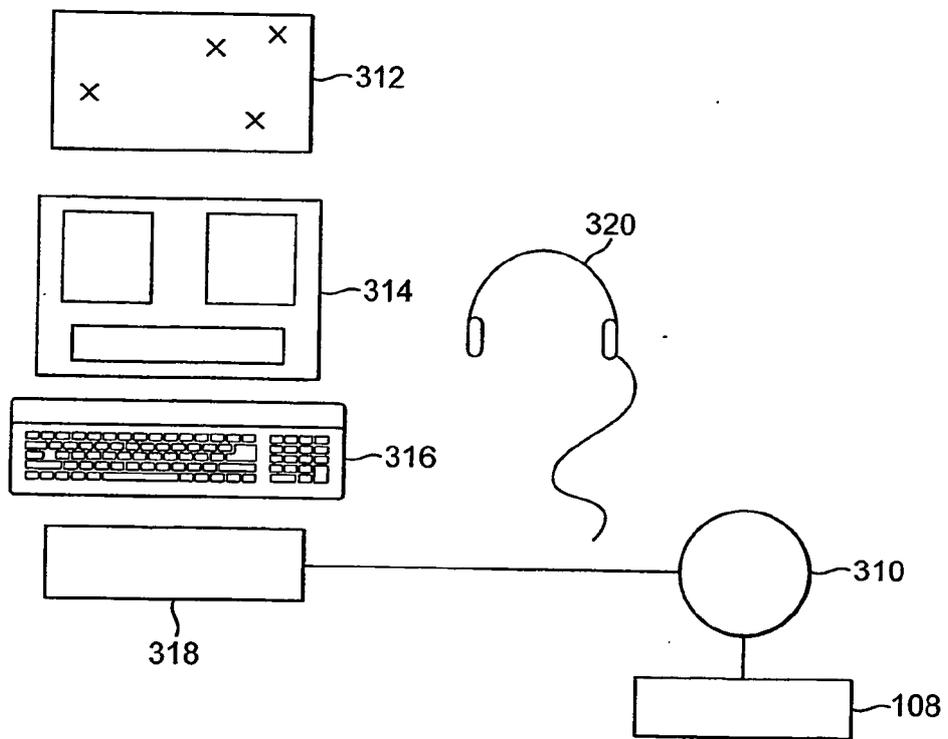


FIG. 2

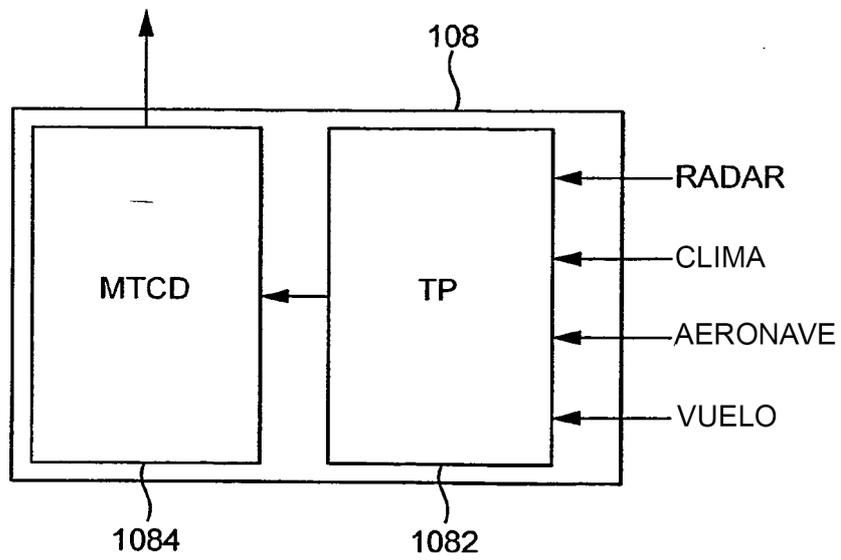


FIG. 3

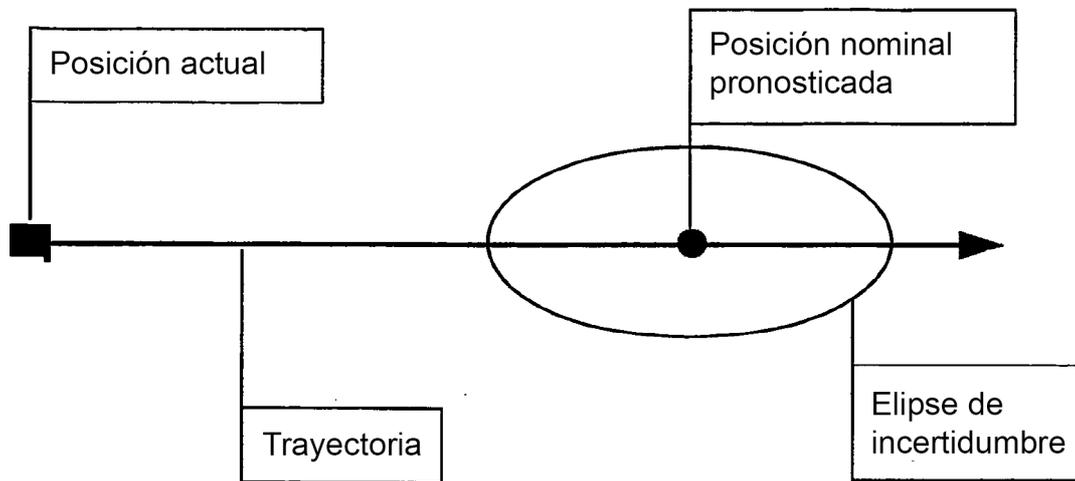


FIGURA 4

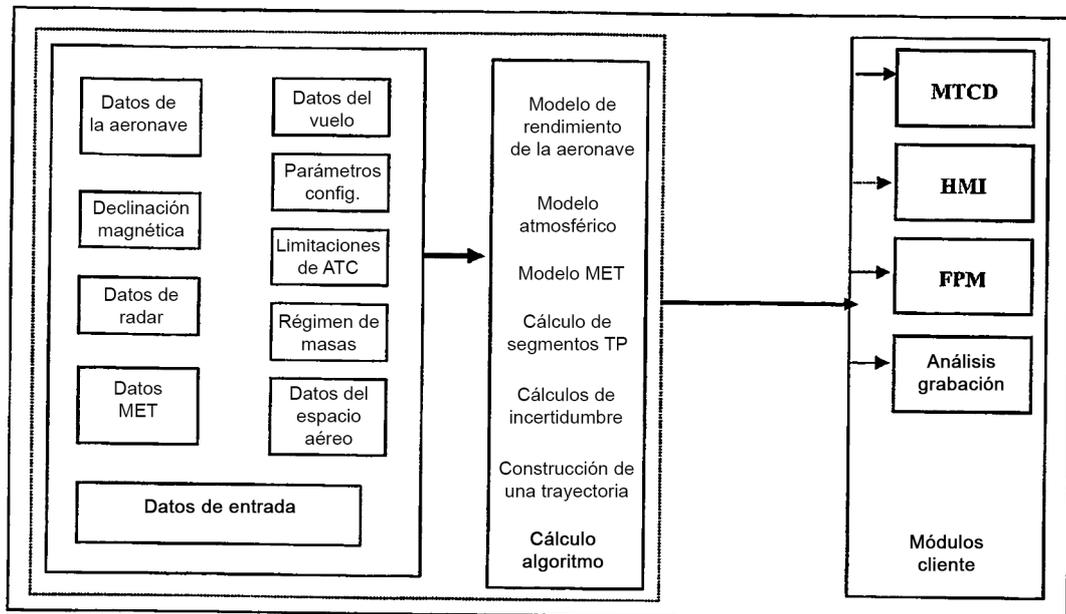


FIGURA 5

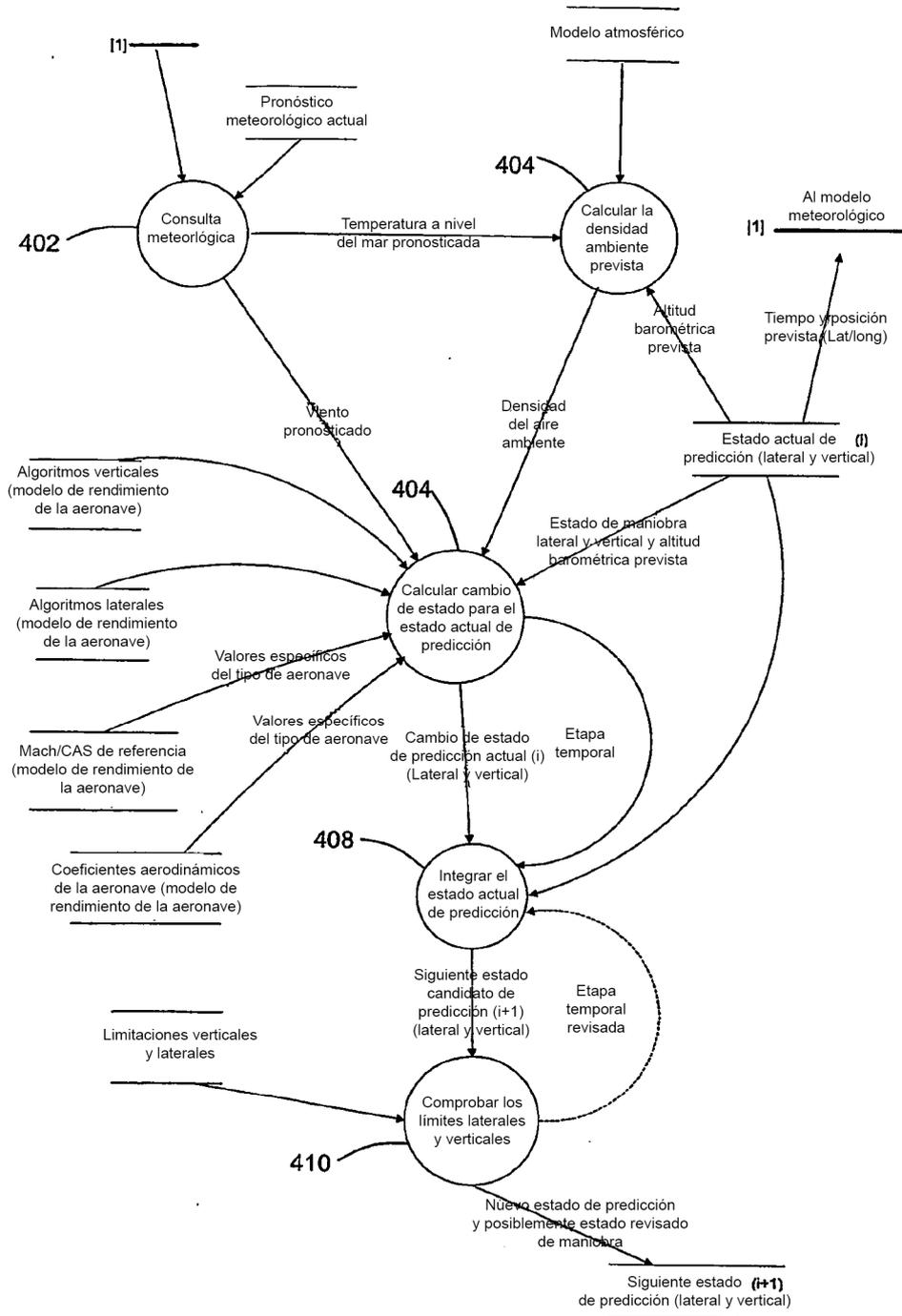


FIGURA 6

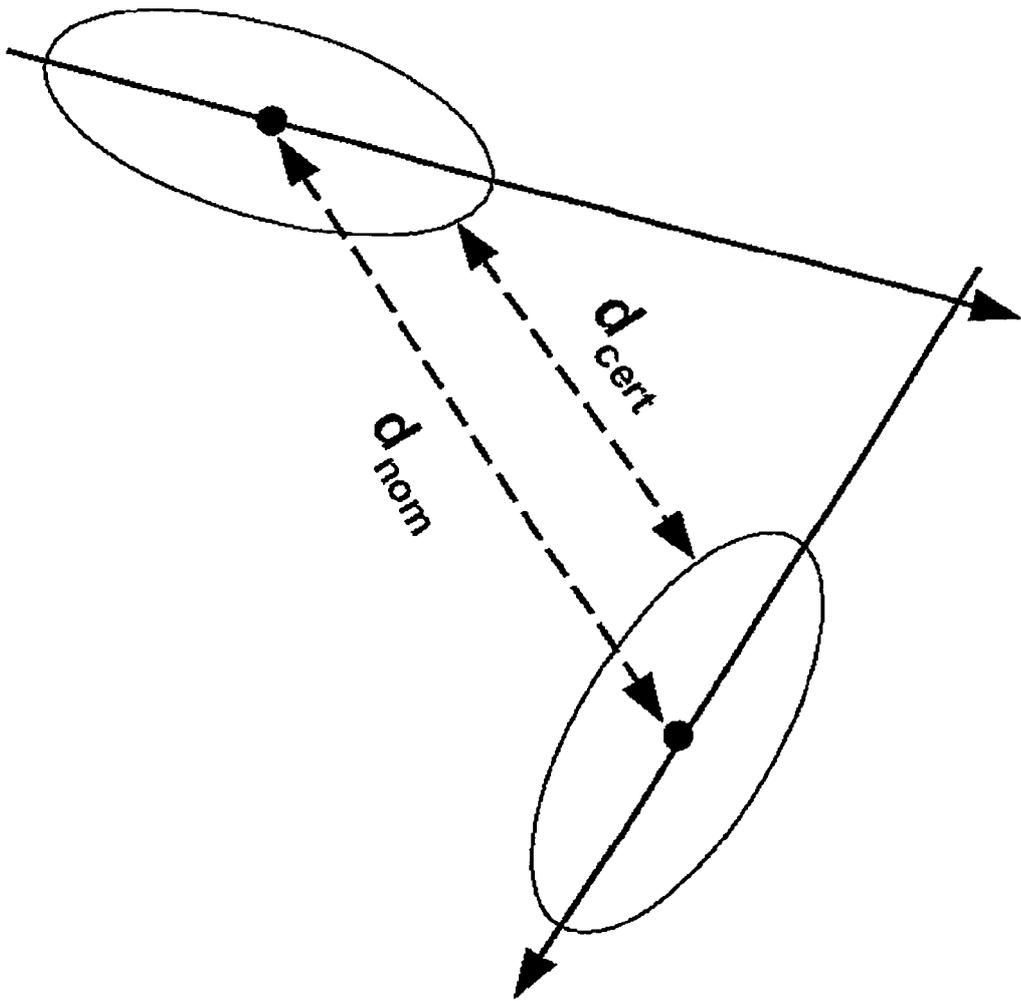


FIGURA 7

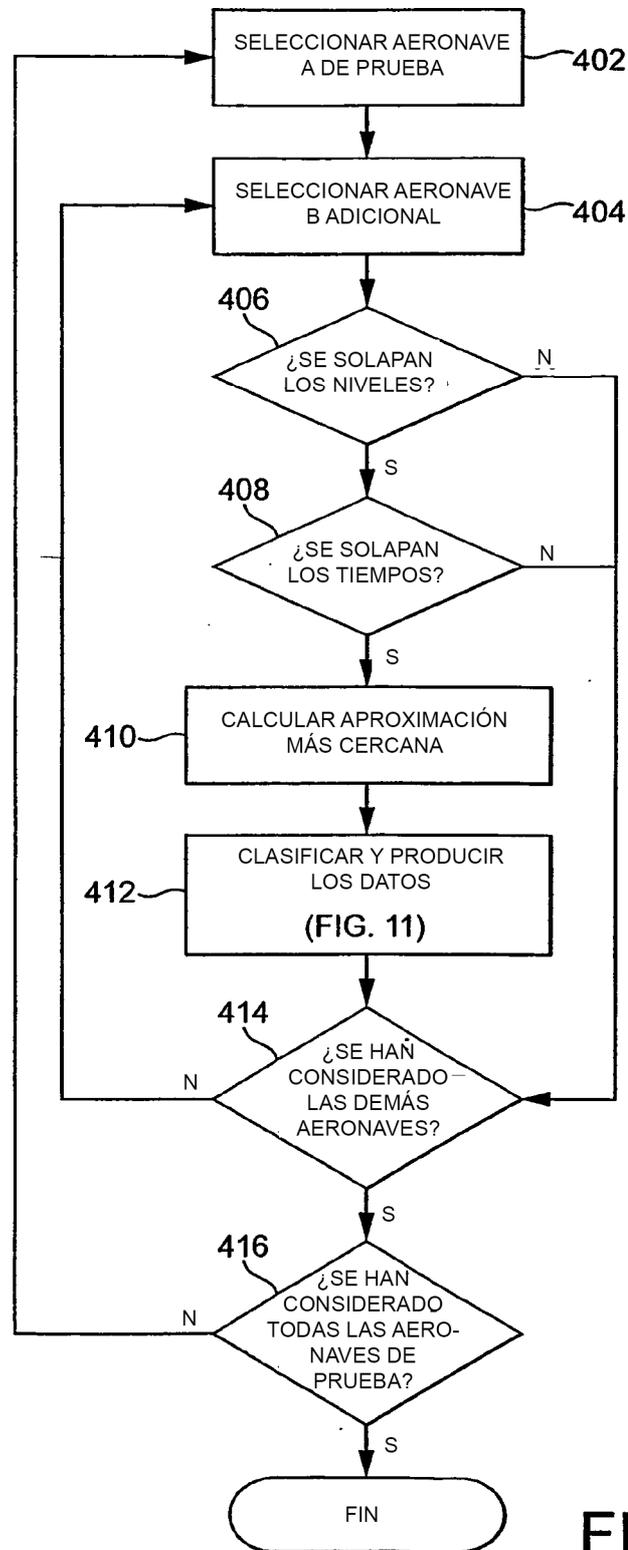


FIG. 8

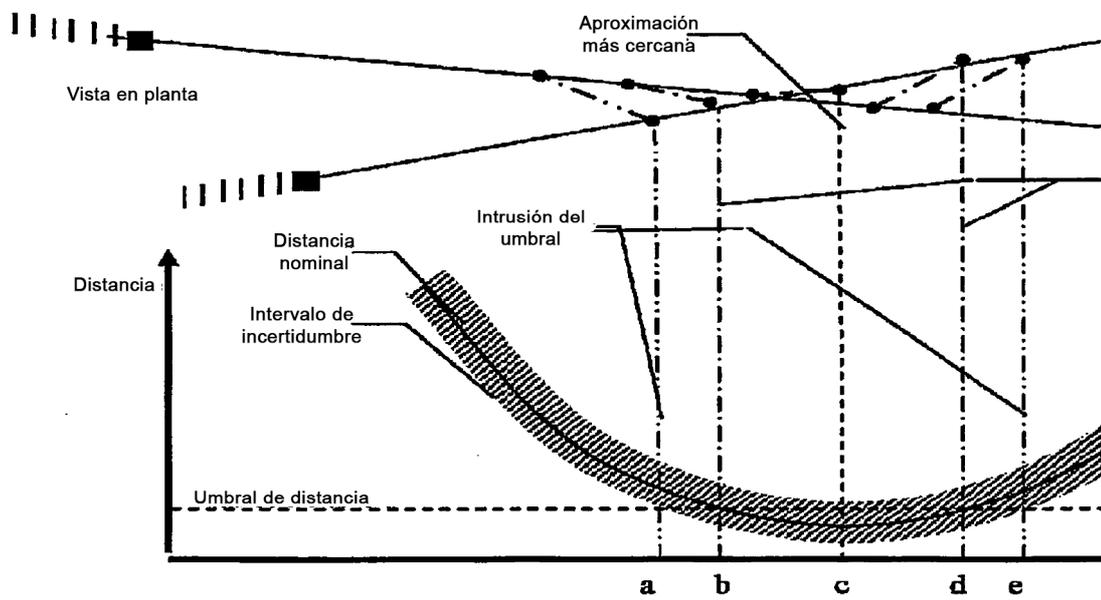


FIGURA 9

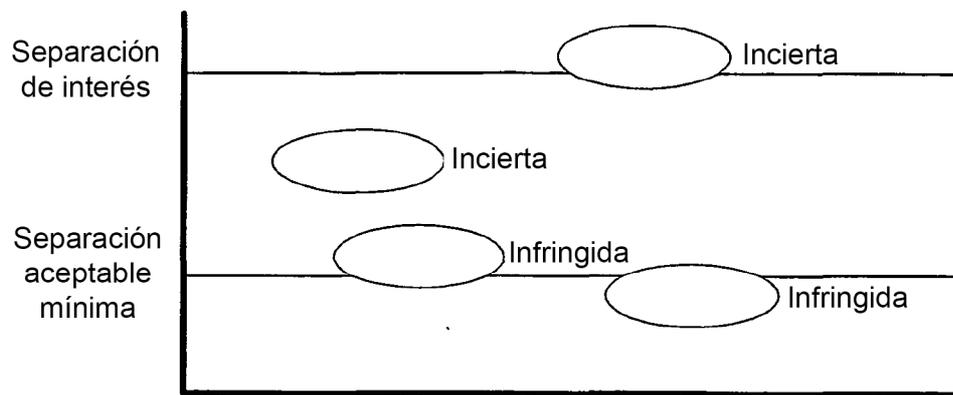


FIGURA 10

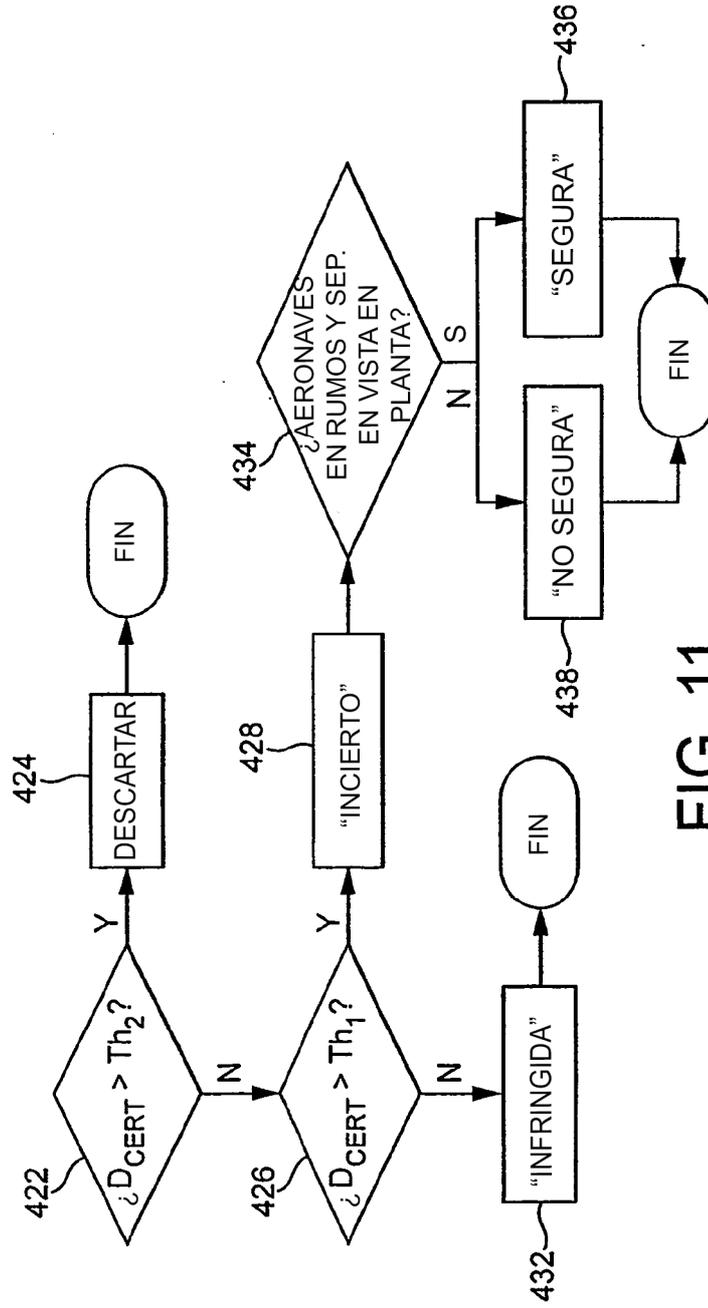


FIG. 11

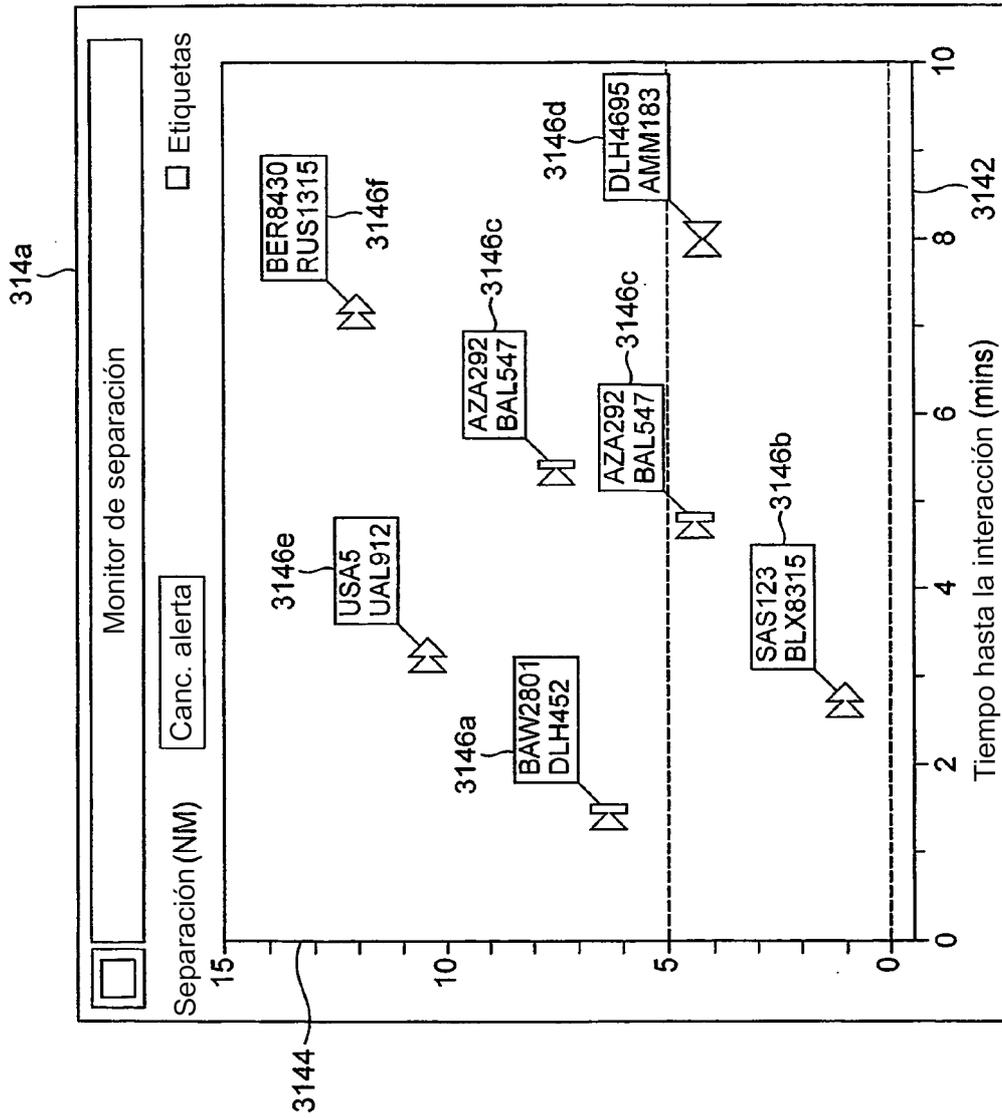


FIG. 12

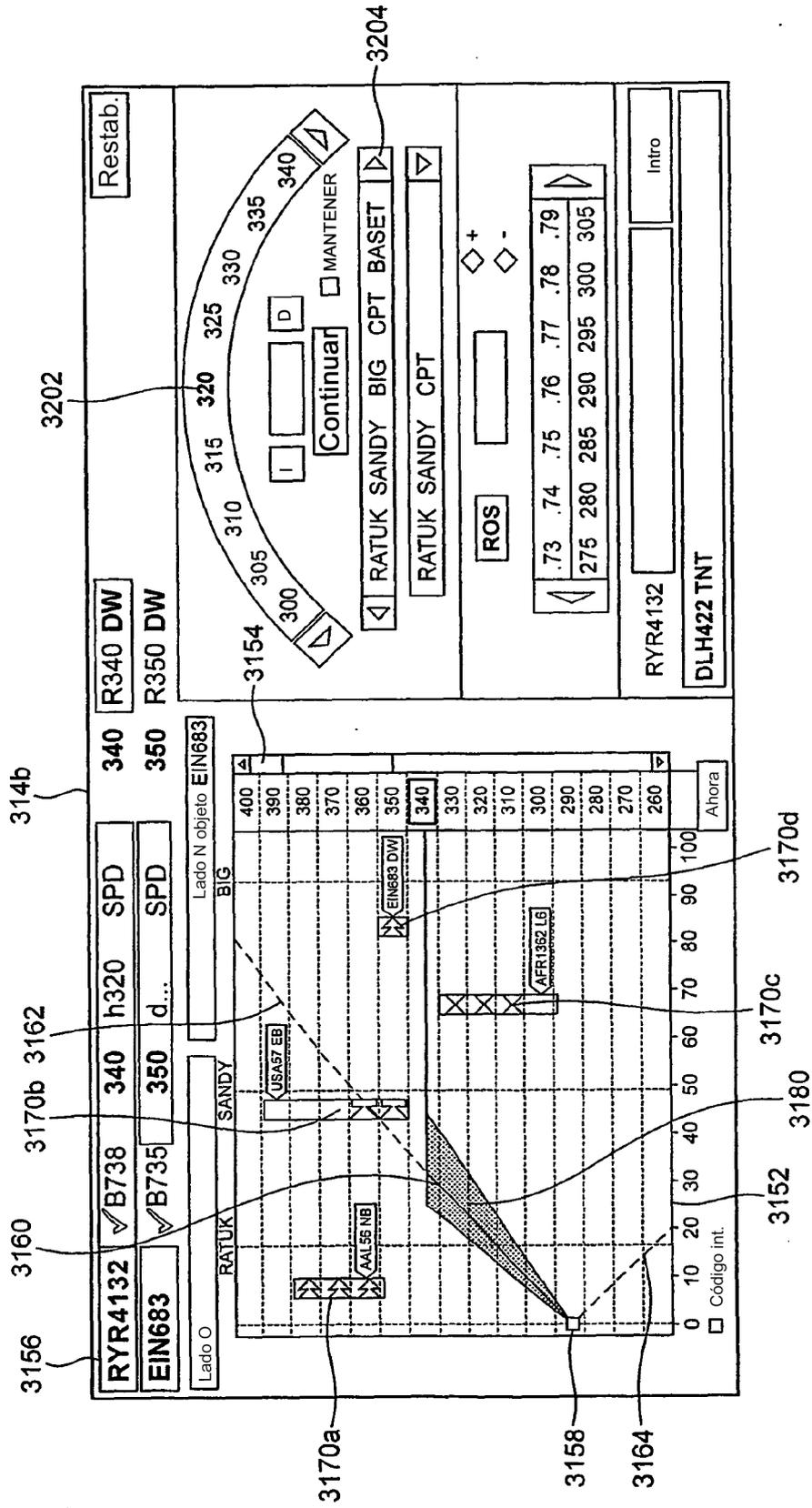


FIG. 13