

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 973**

51 Int. Cl.:

**G08G 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2010 PCT/GB2010/001767**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2011 WO11033273**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2010 E 10773130 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2481039**

54 Título: **Control de tráfico aéreo**

30 Prioridad:

**21.09.2009 GB 0916590**  
**18.06.2010 GB 201010298**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.03.2018**

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:

**IRFAN, MELODI;**  
**BULL, MICHAEL, JOHN;**  
**CLINCH, ANDREW, TREVOR y**  
**PEMBER, STEPHEN, JAMES**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 658 973 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 se refiere a sistemas informatizados para ayudar al control de tráfico aéreo.

El control de tráfico aéreo implica personal humano que comunica con los pilotos de una pluralidad de aviones, dándoles instrucciones sobre los perfiles (que consiste en altitudes y rutas acimutales) para evitar colisiones. Las aeronaves por lo general presentan "planes de vuelo" indicando sus rutas antes de volar, y a partir de éstos, los controladores tienen alguna información inicial sobre las probables posiciones y trayectorias de las aeronaves, pero los planes de vuelo están inherentemente sujetos a variación (debido, por ejemplo, a retrasos en los despegues; cambios de velocidad debido al viento de frente o viento de cola; y modificaciones permitidas del curso o altitud por parte del piloto). En los sectores concurridos (normalmente, aquellos en las inmediaciones de los aeropuertos), es necesario un control táctico significativo de aeronaves por parte de los controladores.

Los controladores se suministran con los datos sobre la posición y altitud de aeronaves procedentes de las unidades de radar y piden a los pilotos información tal como altitud, rumbo y velocidad. Dan instrucciones a los pilotos por radio para mantener sus rumbos y velocidades, alterar sus rumbos y velocidades de forma predeterminada, o de mantener o alterar sus altitudes (por ejemplo, subir a una cierta altitud o descender a una cierta altitud) para mantener la separación mínima de seguridad entre aeronaves y, por lo tanto, para evitar el riesgo de colisiones.

Las normas se establecen para la separación de aeronaves horizontal y verticalmente para que la probabilidad de colisión sea muy baja incluso si tales normas de separación no se cumplen debido a errores o condiciones locales (por ejemplo, condiciones climáticas, fallos en los sistemas terrestres o aéreos). Las colisiones son extremadamente raras, por lo tanto, incluso en las zonas más concurridas, debido a la continua supervisión y control de aeronaves por los controladores de tráfico aéreo, para los que la seguridad es, necesariamente, el criterio más importante.

Por otro lado, con el crecimiento continuo del transporte aéreo, debido al comercio cada vez más globalizado, es importante para maximizar el rendimiento de las aeronaves y la capacidad de manejo de los controladores en la medida en que ello sea compatible con la seguridad. Aumentar aún más el rendimiento con los sistemas existentes de control de tráfico aéreo es cada vez más difícil. Es difícil para los controladores de tráfico aéreo controlar las posiciones y rumbos de demasiadas aeronaves a la vez en los equipos convencionales, y los controladores humanos cometen, necesariamente, errores en cuanto a la precaución en la separación de aeronaves.

Prevot *et al.*: " Tools for Trajectory-Based Air Traffic Control " (HCI-Aero 2006, septiembre de 2006, XP002615843, Seattle WA) describen un conjunto de herramientas en el lado terrestre integradas que permiten las operaciones de control de tráfico aéreo basadas en la trayectoria en sectores individuales y posiciones de planificación multi-sector. El documento WO 2007/072015 A2 describe un sistema de control de tráfico aéreo para su uso por un controlador quien controla múltiples aeronaves. Herr *et al.*: " The impact of multi sector planning and new working procedures on controller tasks " (24ª Conferencia de Sistemas Aviónicos Digitales vol. 1., 30 oct - 3 nov de 2005, Washington DC, EE.UU., páginas 3.B.5-1 -3.B.5-11, XP002615844, IEEE Piscataway, NJ, EE.UU., ISBN: 0-7803-9307-4) describen el desarrollo de tres configuraciones de concepto de planificación multi-sector que incluyen una matriz de tareas para el controlador asociado que proporciona una visión general del cambio de las responsabilidades de trabajo y, por lo tanto, las áreas potenciales de disminución de carga de trabajo para el controlador. El documento FR 2854978 A1 describe un sistema de ayuda al control de tráfico aéreo con un receptor de datos de planes de vuelo y datos de radar para ser proporcionados en la pantalla del controlador de vuelo, incluidos los posibles conflictos de vuelo. Leiden, Verde: " Trajectory Orientation: A Technology-Enabled Concept. Requiring a Shift in Controller Roles and Responsibilities " (3º Seminario de I + D en Gestión de Tráfico Aéreo en EE.UU./Europa Seminario Napoli, junio de 2000, XP002615824) analiza el concepto de procedimiento de la orientación de trayectoria que permite a los controladores de rutas planificar y coordinar las trayectorias a través de los límites del sector.

Algunos sistemas de control de tráfico aéreo anteriores se describen en nuestras solicitudes anteriores WO 2008/001117, WO 2008/001122, WO2007/072028 y WO 2007/072015, y se hace referencia a los documentos.

Como se ha divulgado en esos documentos, es común dividir el espacio aéreo en "sectores" que tienen límites horizontales y verticales geográficos definidos. Los sectores son contiguos, ya sea junto al otro o, en algunos casos, por encima o por debajo uno del otro. Cada sector se encuentra, por lo general, bajo la responsabilidad de dos controladores del sector, que se ocupan de las aeronaves en el sector. Estos son un controlador de planificación, quien decide cuándo y cómo aceptar aeronaves entrantes en el sector y define la condición de salida del sector, trabajando sobre la base de los planes de vuelo de las aeronaves y los de otras aeronaves en el sector, y un controlador táctico (o del radar), quien controla y dirige activamente los aviones dentro del sector utilizando principalmente datos del radar con el fin de mantener una buena separación y lograr las condiciones de salida del sector deseadas. Los controladores observan toda la información solo de las aeronaves dentro de su propio sector y de aquellas que están por llegar de forma inminente. Los controladores tácticos se ponen en contacto por radio con las aeronaves entrantes, pero por lo general, la responsabilidad (o "control") táctica se pasa de un controlador a otro, a medida que las aeronaves pasan la "transferencia del punto de control" (muy a menudo el límite de sector).

5 Este no es universalmente el caso, porque a veces pueden aplicarse procedimientos operativos que modifican esta disposición, por ejemplo acuerdos de entendimiento donde la transferencia de control es coincidente con la transferencia de las comunicaciones (independientemente de la posición de la aeronave con respecto al límite de sector), por lo que el sector de recepción puede alterar la distancia sin esperar a que la aeronave entre en el espacio aéreo de su sector. Por lo general hay algunas restricciones en los espacios libres que pueden emitirse cuando ésta se encuentra en el espacio aéreo del sector anterior, tal como girar la aeronave solo tanto como podría considerarse consistentemente con la misma manteniendo su dirección prevista de vuelo, etc.

10 Esta disposición ha funcionado bien durante muchos años, y es normal en muchas organizaciones internacionales. Sin embargo, existe un interés en permitir un desenvolvimiento más flexible de los controladores aéreos, quienes son un recurso escaso. Algunos sectores están concurridos en algunos momentos y no en otros, y sería deseable poder reducir el número de controladores requeridos por debajo de 2\*N (donde N es el número fijo de sectores). Un procedimiento operativo para hacerlo es el denominado "encuadre". Durante el encuadre, en momentos en que varios sectores adyacentes no están demasiado concurridos, se combinan en un solo grupo de sector grande, liberando varias parejas de controladores de planificación y tácticos. Cuando se convierte en el sector concurrido de nuevo, se divide de nuevo en los sectores y las parejas de controladores de planificación y tácticos más pequeños originales se asignan a cada uno. Mientras se produce el encuadre, el sector está todavía controlado por una pareja de controladores de planificación y táctico.

20 Un objetivo de la presente invención es, por tanto, proporcionar sistemas de soporte informatizados para el control de tráfico aéreo, que permiten que los controladores humanos aumenten el rendimiento de las aeronaves. Más específicamente, un objetivo es proporcionar sistemas de soporte informatizados para el control de tráfico aéreo, que permiten que los controladores trabajen de forma más flexible, sin sobrecargarlos con información. La invención en varios aspectos se define en las reivindicaciones adjuntas, siendo las ventajas y características preferidas evidentes a partir de la siguiente descripción y dibujos.

A continuación se ilustrarán las realizaciones de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

30 la Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de control de tráfico aéreo para un sector del espacio aéreo de acuerdo con una realización de la invención;  
 la Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra los elementos del puesto de trabajo de un controlador de tráfico aéreo táctico que forma parte de la Figura 1;  
 la Figura 3 es un diagrama que muestra el software presente en un ordenador central o servidor que forma parte de la Figura 1;  
 35 la Figura 4 es un diagrama esquemático (no conformado o escala) que ilustra una disposición de sectores tácticos asignadas en un sector de planificación de acuerdo con la realización preferida;  
 la Figura 5 es un diagrama que muestra las estructuras de datos presentes en y utilizados por un ordenador central o servidor que forman parte de la Figura 1;  
 40 la Figura 6 es un diagrama que muestra una disposición física de los puestos de trabajo que forman parte de la Figura 1 que opera con sectores separados;  
 la Figura 7 es un diagrama correspondiente a la Figura 6 y que muestra una disposición física de los puestos de trabajo que forman parte de la Figura 1 que operan con varios sectores tácticos asignados en un solo sector de planificación de acuerdo con la Figura 4;  
 45 la Figura 8 es un diagrama que muestra la posición, la trayectoria y la incertidumbre en el mismo de una aeronave de acuerdo con la presente realización;  
 la Figura 9 es un diagrama que muestra la geometría de una interacción entre dos aviones en una vista en planta;  
 la Figura 10 es un gráfico de la distancia con respecto al tiempo que muestra la variación en la distancia entre dos vuelos correspondientes a aquellos de la Figura 9;  
 50 la Figura 11 es un diagrama que muestra dos aeronave que infectan pasando a través de los sectores tácticos y de planificación;  
 la Figura 12 es un diagrama que muestra dos aeronave que infectan pasando a través de dos sectores tácticos adyacentes;  
 55 la Figura 13 muestra una visualización de pantalla en un puesto de trabajo para controladores tácticos que indica un gráfico de la posición lateral de la aeronave y de la pista mostrada en una realización del puesto de trabajo de la Figura 2;  
 la Figura 14 muestra una visualización de pantalla en un puesto de trabajo para controladores tácticos que indica un gráfico de separación frente al tiempo que se muestra en una realización del puesto de trabajo de la Figura 2;  
 60 la Figura 15 es una interfaz de usuario que muestra una pantalla en un puesto de trabajo para controladores tácticos de la altitud frente a la distancia de pista longitudinal para una aeronave seleccionada e indicando las interacciones potenciales con otras aeronaves, e incluyendo una porción de entrada (distancia) de instrucción táctica; y  
 la Figura 16 es una interfaz de usuario que muestra una pantalla de entrada de mensaje en un puesto de trabajo

para controladores tácticos.

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

La Figura 1 muestra los elementos de hardware de un sistema de control de tráfico aéreo (conocido *per se*, y utilizados en las presentes realizaciones). En la Figura 1, un sistema de seguimiento por radar, indicado por 102, comprende una unidad de radar para el seguimiento de las aeronaves entrantes, detección de rumbo y alcance ("radar primario") y altitud (transpuesto por el "radar secundario"), y la generación de señales de salida que indican la posición de cada aeronave, a intervalos periódicos. Un puesto 104 de comunicaciones de radio se proporciona para comunicaciones de voz con la radio de la cabina de cada aeronave 200. Se proporciona un puesto 106 de meteorología para recoger datos meteorológicos y dar salida a las mediciones y previsiones de viento, velocidad y dirección, y otra información meteorológica. Un servidor 108 informático que se comunica con una red 110 de comunicación recoge datos del sistema 102 de radar y (a través de la red 110) el puesto 106 de meteorología, y proporciona los datos recogidos a un centro 300 de control de tráfico aéreo. Los datos del centro 300 de control de tráfico aéreo son, asimismo, devueltos al servidor informático para su distribución a través de la red 110 a los sistemas de control de tráfico aéreo en otras áreas.

Una base de datos 112 almacena la información sobre 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 velocidad máxima de ascenso.

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

El centro 300 de control de tráfico aéreo comprende una pluralidad de puestos 302a, 302b, ... de trabajo para los controladores de planificación, y una pluralidad de puestos 304a, 304b, ... de trabajo para los controladores tácticos. El papel de los controladores de planificación es decidir si y cómo aceptar un vuelo de la aeronave en su respectivo sector dentro del volumen de espacio aéreo controlado por el centro 300 de control de tráfico aéreo y, de ser aceptado, establecer sus condiciones de salida, como se describe en mayor detalle a continuación. El controlador de planificación recibe los datos del plan de vuelo de la aeronave, y la información de un sector adyacente, y, si el vuelo se acepta, acepta un "nivel de vuelo" o altitud de entrada (NFL) de la aeronave que entra en el sector, y proporciona un nivel o altitud de vuelo de salida (XFL) de una aeronave que sale del sector, y una ruta ampliamente definida entre un punto de entrada y un punto de salida del sector. Si el controlador de planificación determina que es probable que el sector esté demasiado saturado para aceptar el vuelo como es, él/ella modifica alguno de los criterios de entrada o, si no hay otra alternativa adecuada, rechaza el vuelo.

Por consiguiente, el controlador de planificación considera principalmente el plan previsto de vuelo de la aeronave, y el nivel general de ocupación del sector y las posiciones previstas de otras aeronaves, y establece solamente una trayectoria contorneada a través del sector para cada aeronave, generalmente como un simple nivel de vuelo de salida del sector de destino (XFL).

Haciendo referencia a la Figura 2, cada puesto 304 de trabajo para un controlador táctico comprende una pantalla 312 de visualización de radar que muestra una vista de radar convencional de su sector asignado, con los límites del sector, el contorno de características geográficas tales como la línea de costa, la posición y el espacio aéreo circundante de cualquier campo de aviación (todos como una pantalla estática), y una visualización dinámica de la posición de cada aeronave recibida desde el sistema 102 de radar, junto con un indicador alfanumérico del número de vuelo de la aeronave. Por tanto, el controlador táctico puede ver, en cualquier momento, la posición tridimensional (nivel, y latitud y longitud o coordenadas X/Y) de la aeronave en el sector. Un auricular 320 que comprende un auricular y un micrófono se conecta con el puesto 104 de radio para permitir que el controlador se comunique con cada aeronave 200.

Se proporciona también una unidad 314 de pantalla visual, en la que un puesto 318 de trabajo informático puede ofrecer la visualización de una o más de una pluralidad de diferentes formatos de visualización, bajo el control del controlador que opera el teclado 316 (que es un teclado QWERTY modificado). Una red 308 de área local interconecta todos los ordenadores 318 del puesto de trabajo con el servidor 108 informático. El servidor 108 informático distribuye los datos a los ordenadores 318 terminales del puesto de trabajo, y acepta de ellos los datos introducidos a través del teclado 316.

### **Software presente en el servidor 108**

Haciendo referencia a la Figura 3, se indica el software principal que se ejecuta en el servidor 108. Se compone de un programa 1082 de predicción de la trayectoria (TP) y un programa 1084 de detección de conflictos a medio plazo (MTCD), un programa 1086 de filtrado, un programa 1087 de Control de la Trayectoria de Vuelo (FPM), y un programa 1088 de asignación del sector.

### Disposición de sectores de las realizaciones de la invención

La Figura 4 muestra una disposición de sectores de acuerdo con la presente invención. Los sectores adyacentes; estos pueden colindar entre sí horizontal o verticalmente, o ambas de manera que definan un saliente. En la Figura 4, tres sectores S3, S4, S7 de la técnica anterior contiguos se agrupan en un "súper-sector" o sector S de planificación que ocupa el mismo volumen de espacio, operado por un único controlador de planificación desde un único puesto 302 de trabajo.

Haciendo referencia a la Figura 5, se muestran estructuras de datos utilizadas por las presentes realizaciones. El ordenador 108 contiene, para cada súper-sector S, una base 1090 de datos de aeronaves "conocidas" - es decir, aeronaves dentro, próximas, o que han salido recientemente del súper-sector. Cada registro de aeronaves en la base de datos está poblada por datos de la base de datos de la aeronave y datos del plan de vuelo desde el sector de origen desde el que se presentó el plan de vuelo, y con datos de posición, ruta y distancia adicionales introducidos o calculados como se describe a continuación, tal como niveles de vuelo de entrada y salida del sector (NFL, XFL).

El programa 1088 de asignación del sector utiliza una estructura de lista de asignación que asigna uno o una pluralidad de sectores tácticos al súper-sector. Para cada uno de los sectores tácticos, el ordenador 108 alacena las coordenadas que definen los límites de cada "subsector" S3, S4, S7, junto con una indicación de un puesto 304a, 304b, 304c de trabajo asociado a cada uno, en un registro 1098 de definición del sector. También almacenado hay: una lista de las aeronaves actualmente en el sector 1094 táctico, y una lista de la aeronave actualmente controlada por el respectivo controlador 1096 táctico (las dos listas se superponen pero, como se describe en el presente documento no son idénticas).

A veces, cuando hay mucho tráfico, el controlador de planificación puede introducir una orden para hacer que el programa 1088 de asignación del sector rompa el súper-sector S en tres sectores S3, S4, S7 de planificación separados cada uno coextensivo con un sector táctico, y asigne responsabilidad separada a los tres controladores de planificación respectivos en sus puestos 302a, 302b, 302c de trabajo como se muestra en la Figura 6, y como se hace en la técnica anterior. Bases 1090 de datos y registros 1092 separados se crean para cada uno. La realización opera, a continuación, de la misma manera que se describe en nuestras solicitudes WO2007/072028 y WO2007/072015 anteriores.

Por otro lado, a veces cuando los niveles de tráfico y los patrones lo permitan, el controlador de planificación puede introducir una orden para hacer que el programa 1088 de asignación del sector signe el súper-sector en los tres subsectores S3, S4, S7, que son de aquí en adelante referidos como "sectores tácticos", cada uno accionado por un controlador táctico respectivo en un puesto 304a, 304b, 304c de trabajo respectivo y un único controlador de planificación en un puesto 302 de trabajo, como se muestra en la Figura 7. Dos controladores de planificación se liberan de este modo para otras tareas.

### Descripción general de la operación de las realizaciones de la invención

Por lo general, en la presente invención, el enlace rígido entre los controladores tácticos y sus límites de sector se hace flexible. Cada controlador táctico es "más responsable" de los vuelos en su sector táctico que para los que están fuera, pero (en contraste con la técnica anterior) cada uno puede también ver las interacciones (es decir, predice futuras aproximaciones entre aeronaves) con vuelos que se predice tendrán lugar fuera de su sector táctico, pero en otros lugares dentro del súper-sector del que forma parte, y contra la aeronave para la que él o ella no tiene responsabilidad de control.

Aunque normalmente un controlador táctico es responsable de cada aeronave dentro de su sector táctico, como en la técnica anterior, en la realización preferida cada controlador táctico puede también asumir la responsabilidad de las aeronaves fuera de su sector táctico (pero dentro del súper-sector), y puede hacerlo, por ejemplo, cuando se ha estado controlando una aeronave en el sector táctico y se puede ver, sobre la base de la información disponible, un perfil que ofrece la separación necesaria a través del espacio aéreo de otro sector o sectores tácticos hasta el límite del súper-sector. A continuación, puede borrar la aeronave de su nivel de vuelo de salida del súper-sector (XFL) u otro nivel que esté fuera de su propio sector táctico.

Igualmente, puede ser conveniente que un controlador táctico para tome el control de una aeronave fuera de su sector táctico para resolver un conflicto o interacción (es decir, aproximación pronosticada) con otra aeronave dentro de su sector. Los controladores tácticos destinados a los sectores S3, S4, S7 tácticos asignados al mismo súper-sector S se proporcionan en las realizaciones preferidas con una función de mensajería de manera que se puede solicitar a otro (por lo general uno adyacente) tomar la responsabilidad de resolver una interacción. Como un controlador táctico tiene menos información sobre los sectores adyacentes tácticos que por su cuenta, él o ella tomará o mantendrá solamente el control de la aeronave fuera de su sector táctico cuando resultara ser problemático.

Para lograr esto, los controladores tácticos deben tener información sobre vuelos de todo el súper-sector y no solo de los que están dentro de su propio sector táctico. Sin embargo, si cada controlador táctico viera todos los vuelos en el súper-sector se enfrentaría un gran volumen de información que, cuando está concurrido, limitaría su

capacidad de controlar y reaccionar – él o ella sería efectivamente el controlador táctico de todo el súper-sector, como también sus controladores tácticos adyacentes dentro de ese súper-sector.

5 La invención tiene por objeto, en algunos aspectos, controlar el volumen de información de las aviones dentro del súper-sector, pero fuera del sector táctico, y en consecuencia, el programa 1084 detector de conflictos a medio plazo se dispone para evaluar todos los vuelos en conflicto o que interactúan dentro del súper-sector, y el programa 1086 de filtrado se dispone para filtrar las interacciones de acuerdo con los criterios predeterminados, y las encamina al puesto 304 de trabajo para controladores tácticos apropiado para su visualización de acuerdo con los datos de asignación del sector contenidos por el programa 1088 de asignación del sector.

### **Predictor 1082 de trayectoria**

10 La operación general del programa 1082 de predicción de trayectoria se describe plenamente en nuestras solicitudes WO2007/072028 y WO2007/072015 anteriores y a continuación se ofrecerá un resumen. El programa 1082 de predicción de trayectoria se dispone para recibir y calcular datos, para cada aeronave en aproximación o que sale del sector de planificación, una trayectoria a través del sector. La trayectoria se calcula teniendo en cuenta la posición y el nivel actual de la aeronave (derivados del sistema 102 de radar y actualizados cada 6 segundos), el plan de vuelo, y una gama de otros datos, incluyendo los datos del tiempo y datos de rendimiento de la aeronave (como se describe en mayor detalle en nuestras solicitudes WO2007/072028 y WO2007/072015 anteriores).

15 La trayectoria calculada para cada aeronave cubre preferentemente al menos los próximos 20 minutos. La salida del programa 1082 de predicción de trayectoria son datos que definen una serie de puntos a través de los que se predice el paso del vuelo, definidos en tres dimensiones, con la información de tiempo y velocidad en cada punto. Asociado a cada punto hay una región de incertidumbre, como se muestra en la Figura 8.

20 Por lo tanto, en cada momento de la ejecución del predictor 1082 de trayectoria (es decir, cada 6 segundos), el servidor informático calcula, para cada aeronave, un conjunto de futuros puntos de trayectoria, a partir de la posición actual conocido de la aeronave y predice hacia delante en el tiempo en función de la tasa prevista de cambio de posición y otras variables el siguiente punto; y así sucesivamente de forma iterativa para una ventana de 20 minutos más adelante en el tiempo.

25 En las realizaciones preferidas, el predictor de trayectoria se dispone para calcular dos trayectorias: una trayectoria "real" o "táctica", basado en rumbo y la distancia actual de la aeronave actual, y una trayectoria "implícita" o "de planificación", que representa el perfil de vuelo previsto de la aeronave, teniendo en cuenta el plan de vuelo, las coordenadas de salida del súper-sector y el nivel de vuelo coordinación y cualesquiera niveles actuales de vuelo autorizado u otras instrucciones de los controladores del sector. La trayectoria implícita se calcula sobre la base de que el avión se moverá al siguiente punto de referencia disponible en el plan de vuelo autorizado, ascendiendo o descendiendo inmediatamente a cualquier Nivel de Vuelo Autorizado (CFL) y ascendiendo o descendiendo posteriormente al nivel de vuelo de salida (XFL).

30 La salida del predictor 1082 de trayectoria se suministra al detector 1084 de conflictos a medio plazo. También está disponible para su visualización en una interfaz hombre-máquina (HMI) como se describe en mayor detalle más adelante; para el registro y análisis si se desea; y para el seguimiento de la trayectoria de vuelo por el programa 1087.

### **Detector 1084 de conflictos a medio plazo**

35 La operación general del detector 1084 de conflictos a medio plazo se describe completamente en las solicitudes WO2007/072028 y WO2007/072015 anteriores y se ofrecerá a continuación un resumen. Por lo general, el detector 1084 de conflictos está destinado a detectar las interacciones espaciales (es decir, se aproxima a) entre pares de aeronaves. Un controlador de tráfico aéreo determinado puede tener que estar pendiente de 20 aeronaves dentro de su respectivo sector. Cada aeronave puede acercarse a otra aeronave, lo que lleva a un alto número de interacciones potenciales.

40 Haciendo referencia a la Figura 9, se muestra una instantánea de las posiciones previstas para dos vuelos en un momento determinado en el futuro. En este momento, la distancia entre las posiciones nominales previstas,  $d_{nom}$ , es inevitablemente mayor que la distancia mínima entre las envolventes de incertidumbre de las dos aeronaves. En la Figura 9, que no está a escala, las envolventes mostradas representan un nivel de confianza del 95 % de la futura posición a la que estará la aeronave al momento relativo dentro de la elipse sombreada. La forma elíptica se debe a la combinación estadística multivariante de la pista a lo largo y a través de los errores de pista, y que en general será diferente para las dos aeronaves (en vez de similar a la mostrada en el diagrama). Dada la incertidumbre calculado, es por tanto importante que la distancia entre las dos regiones  $d_{cert}$  de incertidumbre, se calcule.

45 La Figura 10 muestra las dos trayectorias de la aeronave que convergen en una vista en planta. Podrían, sin embargo, ser divergentes o separarse en altitud; el hecho de que las trayectorias aparezcan en la vista en planta para cruzar no indica si la interacción entre la aeronave es problemática, ya que no indica si ambas aeronaves llegan simultáneamente a la intersección.

5 El detector 1084 de conflictos a medio plazo recibe los datos de trayectoria para cada aeronave procedentes del predictor 1082 de trayectoria. Como se ha descrito anteriormente, cada trayectoria consiste en una pluralidad de puntos de posición, incluyendo los datos en cada punto la posición (X, Y) de tiempo, altitud, velocidad de avance, pista de tierra, velocidad vertical, co-varianza de incertidumbre (es decir, una medición de incertidumbre a lo largo de la pista y a través de la pista) y la incertidumbre de altitud. El detector 104 de conflictos a medio plazo puede interpolar los valores de datos correspondientes en los puntos intermedios, en caso necesario.

10 Cada aeronave dentro, que se aproxima o sale del sector S de planificación es a su vez probada contra todas las demás aeronaves dentro y que se aproximan o salen del sector para determinar todos los pares de interacciones potenciales. En realizaciones preferidas, cada una de las trayectorias reales e implícitas para cada aeronave se prueba contra ambas trayectorias real e implícita de cada otra aeronave para detectar interacciones.

El detector de conflicto a medio plazo evalúa la interacción entre cada par de aeronaves y calcula un conjunto de datos que representa cada una de tales interacciones, incluyendo el primer punto en el tiempo en el que pueden (teniendo en cuenta la incertidumbre) aproximarse entre sí demasiado de cerca; el momento de máxima aproximación; y el momento en el que se separan suficientemente una de otra después de la interacción.

15 Las interacciones se clasifican por gravedad. Cuando la distancia  $d_{nom}$  entre las pistas de aeronaves previstas en su aproximación máxima es inferior a la separación mínima aceptable (es decir, 5 millas náuticas), la interacción se clasifica por el MTCD 1084 como una interacción "infringida", en otras palabras, una en la que la pérdida de separación se espera.

20 Cuando esto no sea el caso, pero, sin embargo, la distancia  $d_{cert}$  entre las elipses de incertidumbre alrededor de las pistas de aeronaves a la aproximación más cercana es inferior a la separación mínima aceptable (es decir, 5 millas náuticas), la interacción se clasifica por el MTCD 1084 como una interacción "posiblemente infringida", en otras palabras, una en la que la pérdida de la separación es una posibilidad dada las incertidumbres de trayectoria actualmente calculadas.

25 Si en el punto de enfoque más próximo, ninguna de  $d_{cert}$  ni  $d_{nom}$  (la distancia nominal entre los cursos de aeronaves) es inferior al umbral de distancia "de interés" (es decir, 20 millas náuticas), donde ninguna de las aeronaves está en su rumbo ni las velocidades de las aeronaves en cuestión proporcionarán la separación longitudinal necesaria, la interacción se clasifica como "no segura". Por otro lado, cuando las dos aeronaves están en su rumbo y también hay una "vista en plano" mínima (es decir, azimutal o horizontal) separación de 5 millas náuticas, o las velocidades de las dos aeronaves (con o sin restricción) proporcionan la separación longitudinal necesaria, estando la más rápida por delante de la más lenta, el MTCD 1084 clasifica a interacción como "segura".

30 Las interacciones se clasifican por la geometría "frontal" (donde el rumbo relativo se encuentra entre 135 a 225°); "seguir" (donde los rumbos relativos se encuentran entre más/menos 45°); y "cruzar" (donde los rumbos relativos encuentran en 45-135° o 225-315°). Otras bandas angulares son supuesto posibles.

35 En las realizaciones preferidas, además de definir las parejas de aeronaves implicadas en una interacción, para cada aeronave, las aeronaves de "contexto" se detectan también y se destacan para los controladores. Estas son las aeronaves que tienen perfiles verticales y laterales anticipados (de sus trayectorias reales o implícitas) que pueden ser de interés en la planificación de un perfil de la aeronave objeto a pesar de que actualmente no interactúan con la misma. Las mismas se pueden controlar por los controladores tácticos de sectores tácticos adyacentes.

#### **Programa 1086 de filtro**

40 El programa de filtro opera para filtrar las interacciones tanto a nivel del súper-sector como a nivel del sector táctico, con la intención de proporcionar a cada puesto de trabajo para controladores tácticos con solamente el subconjunto de las interacciones que se producen en el súper-sector que son relevantes para ese controlador táctico.

#### **Nivel del súper-sector**

45 A nivel del súper-sector, el programa de filtro filtra los pares de vuelos que el detector 1084 de conflictos a medio plazo no necesita comprobar las interacciones tácticas. Estos casos implican vuelos aún no dentro de la jurisdicción del sector (es decir, todavía no están "En Comunicación"), o aquellos que ya han dejado su jurisdicción (es decir, "Fuera de Comunicación"). Otras parejas de aeronaves se retiran de la comprobación en un sector dado, si se determina, a partir de un conjunto adaptado de reglas que son específicas para el sector o sectores, que los procedimientos operativos locales dictan que otra agencia de control de tráfico aéreo tiene la responsabilidad de proporcionar una separación entre los vuelos implicados. Al eliminar la necesidad de comprobar estos vuelos, no solo se eliminan las interacciones de las pantallas de los controladores del sector, sino que también se reducen las demandas de carga de procesamiento del detector 1084 de conflictos a medio plazo en el servidor 108 informático.

#### **Interacciones entre los vuelos que llegan de un mismo sector**

55 El concepto básico que se utiliza para filtrar vuelos que entran en el súper-sector es la responsabilidad - en la que dos vuelos se ofrecen al controlador de planificación del súper-sector ambos del mismo sector de planificación

adyacente, es la responsabilidad del equipo de controlador del súper-sector adyacente proporcionar la separación necesaria. En la realización preferida, por lo tanto, las interacciones entre dichos vuelos no se mostrarán en ninguno de los puestos de trabajo para controladores tácticos del sector de recepción, mientras que el súper-sector adyacente se encuentra todavía en control de los vuelos - por la razón de que los controladores no tienen el poder ni la responsabilidad de resolver la interacción.

5 Cuando uno de los vuelos se haya transferido al sector, el controlador de planificación del sector y el controlador táctico están en contacto por radio con el piloto (es decir, están "En Comunicación") e introduce una señal a través del teclado o el ratón para indicar que aceptan la responsabilidad del vuelo, que se introduce a continuación en la lista de responsabilidades y los demás datos dentro del servidor 108 informático se actualizan.

10 En este punto, la interacción (si no está ya resuelta) ya no se separa por filtración en el puesto de trabajo para controladores tácticos correspondiente. (También permanecerá visible para el controlador del sector anterior si utilizan la realización preferida, a menos que y hasta que la segunda aeronave se transfiera también). El nivel de vuelo entrada (NFL) de cada vuelo se utiliza para probarse contra otro para determinar interacciones potenciales, excepto que, cuando un vuelo ha sido aceptado por el sector y está dentro del control de un controlador, o el vuelo se ha coordinado verticalmente a través del límite horizontal superior o inferior del sector, se utiliza su nivel de vuelo autorizado (CFL).

#### **Interacciones entre los vuelos que llegan de diferentes sectores**

20 Cuando los vuelos llegan desde diferentes sectores, se muestran todas las interacciones, puesto que es la responsabilidad del sector de recepción proporcionar la separación. El nivel de vuelo entrada (NFL) de cada vuelo se utiliza para probarse contra otro para determinar interacciones potenciales, excepto que, cuando un vuelo se ha aceptado por el sector y está dentro del control de un controlador táctico, su nivel de vuelo autorizado (CFL) se utiliza.

#### **Interacciones entre el vuelo que todavía no está en la jurisdicción del sector y el vuelo que ya no está en la jurisdicción del sector**

25 Por lo general, las interacciones que implican una aeronave que todavía no está en la jurisdicción del sector y una que ya ha salido de la jurisdicción del sector se probaron utilizando el nivel de vuelo de entrada (NFL) de aquella que todavía no ha entrado y el nivel de vuelo autorizado (CFL) de la que ya ha salido. Si las coordinaciones de entrada y salida son ambas verticales (es decir, a través de los límites horizontales superior o inferior del sector), entonces se utilizan los niveles de vuelo autorizado (CFL) de ambos vuelos. Sin embargo, si una aeronave está llegando a un sector y la otra se ha ido al mismo sector, la interacción se filtra - será la responsabilidad de ese sector adyacente.

#### **Interacciones entre los vuelos que han dejado ambos la jurisdicción del sector**

Estas interacciones se muestran a menos que ambos hayan dejado el mismo sector, o a menos que ambos hayan dejado el VOR (volumen de responsabilidad) de los controladores del sector.

#### **Nivel del sector táctico**

35 Al nivel de sector táctico el programa 1086 de filtro determina qué controlador o controladores tácticos deberían ver cada interacción y encaminar los datos hacia el puesto 304 de trabajo correspondiente para su visualización allí como se describe a continuación. Los vuelos se separan en vuelos "conocidos" (que se prevé que entren en el sector táctico en cuestión) y vuelos "relacionados" (que no). Por lo general, sin perjuicio de las siguientes normas específicas, las interacciones entre todos los pares de vuelos "conocidos" se muestran en el puesto de trabajo táctico, y aquellas entre vuelos "conocidos" y vuelos "relacionadas", pero aquellos entre pares de vuelos "relacionadas" no.

Las interacciones se transmiten para su exhibición en un puesto 304 de trabajo si

- uno o ambos vuelos se enlistan como dentro de la jurisdicción del controlador táctico en la lista 1096; o si
- la pérdida de separación o punto de máxima aproximación entre los vuelos se produce dentro del sector táctico y se espera que ambas aeronaves penetren ese sector táctico.

Por lo tanto, el controlador táctico ve ambas interacciones dentro de su sector (incluso si no están bajo su control) y las interacciones que implican una aeronave para la que él/ella es el/la responsable (incluso si la interacción tiene lugar fuera de su sector táctico pero dentro del mismo súper-sector), y no ve otras interacciones (para las que él/ella no es el/la responsable).

50 Las interacciones infringidas se muestran en el punto donde la separación es inferior a 5 nm (es decir, la pérdida de separación del radar), y por lo tanto se asignan al sector que contiene ese punto, pero también al sector en el que se produce el punto de máxima aproximación. Las interacciones seguras y no seguras se muestran en el punto de máxima aproximación (es decir, el punto a lo largo de la trayectoria de cada aeronave en la que está más cerca de la

otra) y por lo tanto se asignan al sector que contiene ese punto. Puesto que cada aeronave tiene un punto de máxima aproximación en su trayectoria, esto también puede dar como resultado que la interacción se muestre en dos puestos 304 de trabajo para controladores tácticos adyacente.

Algunas interacciones que pasan las reglas anteriores se filtran adicionalmente.

5 Haciendo referencia a la Figura 11, aunque los dos vuelos A y B tienen trayectorias reales que resultan en una interacción dentro de sector T2 táctico que se encuentra dentro del súper-sector SS1, ambos están destinados a entrar en el súper-sector SS2 y nunca entrar en el sector táctico T2, y esto se determina a partir de sus trayectorias implícita o "de planificación". Por consiguiente, la interacción es suprimida para el puesto de trabajo del sector T2 por el programa 1086 de filtro.

10 Las interacciones entre vuelos "conocidos" (que se predice que entran en el sector táctico en cuestión) y los vuelos "relacionados" (que no) se suprimen para el puesto de trabajo para controladores tácticos en cuyo sector se prevé que ocurra la interacción. La razón es que el controlador del sector táctico adyacente dentro del que se encuentra el vuelo "relacionado" (y que por tanto es responsable del mismo) verá la interacción, y tiene la responsabilidad de mantener su aeronave autorizada. Sin embargo, en caso de que, la aeronave "relacionadas" pase en realidad en el sector en el que se prevé la interacción, se convierte en "conocida" para el controlador de la misma y la interacción se hará visible en su puesto 304 de trabajo. Preferentemente, también, el filtrado cesa cuando el tiempo de interacción cae por debajo de un umbral predeterminado (lo que indica que el problema persiste y se requiere una resolución urgente).

20 Cualquier interacción se mostrará en al menos un puesto de trabajo. Por tanto, cuando se produce la interacción en ambos sectores tácticos (es decir, el punto de máxima aproximación para cada aeronave se encuentra en un sector diferente, como se muestra en la Figura 12 para las aeronaves A y B en los sectores T1 y T2 tácticos asignados al mismo súper-sector), no se filtra y, por lo tanto, es visible para los dos controladores.

### Interfaz hombre-máquina

25 Algunas de las pantallas disponibles en la pantalla 314 de los puestos 304 de trabajo para controladores tácticos se describirán a continuación.

### Pantalla lateral

30 La Figura 13 muestra una pantalla lateral convencional en el que una vista en planta simplificada de las pistas aeronave se publica superpuesta sobre la presentación de la situación del radar, con flechas que indican las direcciones de vuelo y posiciones previstas de las aeronaves en aproximación. En esta realización, el color en el que se muestra la información indicativa depende del estado del vuelo, de la siguiente manera:

- Para vuelos "relacionados" (es decir, aquellos que no se espera que entren en el sector táctico con el que se asocia el puesto de trabajo, pero se espera que entren en otro sector táctico dentro del sector-súper), el identificativo se muestra en un primer color (por ejemplo, color azul);
- 35 • Para vuelos "conocidos" (es decir, aquellos que se espera que entren en el sector con el que se asocia el puesto de trabajo) cuando el controlador no está aún en comunicación con el vuelo, el identificativo se muestra en un segundo color (por ejemplo, color amarillo);
- Para vuelos "conocidos" cuando el vuelo va a llamar de forma inminente la frecuencia (porque se está acercando al límite del sector), el identificativo se destaca (por ejemplo, muestra contra un fondo claro);
- 40 • Para vuelos "conocidos" con los que el controlador está en comunicación de radio (es decir, está "En Comunicación"), el identificativo se muestra con un tercer color (por ejemplo, color verde brillante);
- Para vuelos "conocidos" con los que el controlador ya no está en comunicación de radio (es decir, está "Fuera de Comunicación"), pero aún no ha establecido la comunicación con el siguiente sector, el identificativo se muestra en un cuarto color (por ejemplo, color cian brillante), y
- 45 • Para vuelos "conocidos" con los que el controlador ya no está en comunicación de radio (es decir, está "Fuera de Comunicación"), y se sabe que ha establecido la comunicación con el siguiente sector, el identificativo se muestra en un quinta color (por ejemplo, color verde oscuro).

50 Un controlador táctico puede seleccionar ("enganchar") uno de los vuelos que se muestran utilizando el teclado o el ratón. Al hacerlo, la pantalla muestra un fondo de color alrededor de del vuelo enganchado como se muestra en la Figura 13 para el vuelo CNO627. Al mismo tiempo, la HMI añade cajas en torno a esos vuelos adyacentes que son vuelos "contexto" para la aeronave enganchada, como se muestra en la Figura 13 para los vuelos DLH6VX, AZA292, UAL3, BAW779 y BMA1TW. Como se ha indicado anteriormente, estas son aeronaves que tienen perfiles verticales y laterales anticipados que pueden ser de interés en la planificación de una autorización para la aeronave objeto a pesar de que no pueden interactuar con la misma actualmente. Por lo tanto, al planificar el curso de acción para el vuelo enganchado el controlador es capaz de ver al instante qué otros vuelos deben tenerse en cuenta, y si él/ella será el responsable.

**Control de separación**

La Figura 14 muestra una pantalla de Control de Separación que comprende un eje 3142 horizontal, que muestra el tiempo (en minutos) para una interacción, y un eje 3144 vertical para indicar la separación prevista (en millas náuticas) entre aeronaves emparejadas. En esta realización, el tiempo para la interacción indicado es el tiempo hasta el punto de pérdida de la separación (es decir, el comienzo de la interacción) para las interacciones infringidas, o el tiempo de la aproximación máxima nominal para las interacciones seguras o no seguras.

Una pluralidad de símbolos se muestran (con la etiqueta 3146a-3146g) cada uno representando una interacción respectiva entre parejas de aeronaves. Cada símbolo se compone de un color y de una forma, en una posición en el gráfico que representa una separación en un tiempo futuro. El mismo tiene una etiqueta asociada que comprende una caja incluyendo los códigos de identificación (identificativos) de los dos vuelos. La forma indica la clasificación del tipo de geometría de interacción (alcance, cruce o frontal), como sigue:

- dos flechas que apuntan en la misma dirección indica una interacción de alcance en la que un avión está remolcando otra, (es decir, están volando más o menos con rumbos paralelos o convergentes);
- una flecha que encuentra una barra indica que la interacción es una interacción de tipo cruce (en otras palabras, un avión se acerca desde el lado de la otra);
- dos puntas de flecha que coinciden entre sí indica que la interacción es una interacción de tipo recíproca (o de frontal).

El color indica la gravedad de la interacción prevista:

- el color rojo indica una interacción infringida (como se ha definido anteriormente);
- el color naranja indica una interacción potencialmente infringida (como se ha descrito anteriormente)
- el color amarillo indica interacciones "no seguras" (en otras palabras, las aeronaves en cada caso están o bien siguiendo su propia navegación o velocidades, o se han instruido para seguir rumbos que no proporcionan 5 millas de separación horizontal); y
- el color verde corresponde a una clasificación "segura".

La generación y el uso que se hace de estas indicaciones se describen con mayor detalle en nuestras solicitudes WO2007/072028 y WO2007/072015 anteriores. Las interacciones que se muestran en cada puesto 304 de trabajo táctico son aquellas filtradas por el programa 2086 de filtro de acuerdo con lo que se ha descrito anteriormente.

**Pantalla de evaluación de nivel**

Haciendo referencia a la Figura 15, se muestra una tercera pantalla que permite al controlador planificar riesgos verticales. La tercera pantalla proporciona un eje 3152 horizontal que muestra la distancia (aunque el tiempo podría ser utilizado como alternativa) y un eje 3154 vertical que muestra la altitud.

Un punto 3158 situado en cero a lo largo del eje de la distancia muestra la presente altitud del vuelo actualmente seleccionado, y la línea 3160 indica el perfil previsto del vuelo en cuestión. Este es normalmente el perfil actualmente previsto de la aeronave, pero en la realización preferida, el controlador puede, además, entrar en una trayectoria tentativa o "real", para probar el efecto antes de emitir instrucciones al piloto.

En este caso, se observará que el perfil 3160 indica una subida a un nivel de vuelo de 370 (es decir, una altitud de presión de  $370 \times 100 =$  aproximadamente 37.000 pies (11,28 km) dependiendo de la presión atmosférica local en relación con la presión estándar de 1013 mbars) a una distancia de 30 millas náuticas por delante de la aeronave objeto a lo largo de su trayectoria, seguido por el nivel de vuelo a ese nivel de vuelo. Una línea 3162 de extensión extiende la porción de subida de la pista 3160, para indicar el efecto de que la aeronave continúe subiendo en lugar de entrar en el nivel de vuelo, y una pista 3164 indica la velocidad nominal de descenso que puede tener la aeronave.

También se muestran cuatro símbolos, 3170a 3170b, 3170c, 3170d que indican interacciones con otras aeronaves. Al igual que antes, cada símbolo tiene una forma y un color y las formas y los colores tienen el mismo significado que el mencionado anteriormente.

La pantalla muestra los límites de los sectores de planificación (o súper-sector) y táctico. La aeronave se encuentra en el sector S7 táctico. El límite del sector de planificación está en 80 nm lateralmente. El límite con el sector S4 táctico se extiende horizontalmente a nivel 345 de vuelo. El límite con el sector S3 táctico discurre verticalmente de 50 nm hasta el nivel 345 de vuelo.

El alcance autorizado de altitudes se muestra con una caja coloreada (por ejemplo, 3172a) que discurre entre la altitud actual y el nivel de vuelo autorizado (si es diferente) almacenados para el vuelo; la caja es hueca en niveles para los que no se prevé ninguna interacción con el vuelo y sólida en aquellos niveles para los que se espera una interacción. También se muestran para cada vuelo líneas verticales que indican la "intención vertical". Estos son una línea con flecha (por ejemplo, 3172b) que muestra otros cambios de altitud derivados de la trayectoria implícita

calculada, como se ha descrito anteriormente, (de CFL a XFL).

Se describen algunos aspectos de la generación y el uso que se hace de estas indicaciones con mayor detalle en las solicitudes WO2007/072028 y WO2007/072015 anteriores.

### Mensajería de cooperación entre controladores

5 Con el fin de permitir a los controladores tácticos que cooperen en las aeronaves y en las interacciones que abarcan dos o más sectores tácticos, en las realizaciones preferidas un sistema de mensajería dedicado permite a los puestos 304 de trabajo enviar mensajes de colaboración. Estos mensajes comprenden dos tipos de solicitudes:

- 10 • **Solicitud de resolución.** Un mensaje enviado por un primer controlador con responsabilidad de separación para que un primer vuelo solicite a un segundo controlador quien controla un segundo vuelo asegurar que el segundo vuelo evite el primero de forma convenida.
- **Solicitud de interacción.** Un mensaje enviado por un primer controlador quien controla un primer vuelo para solicitar a un segundo controlador quien controla un segundo vuelo si acepta la responsabilidad de resolver la interacción.

15 Haciendo referencia a la Figura 16, una pantalla de entrada de mensaje de solicitud de resolución se genera por el primer controlador quien "engancha" (es decir, selecciona) un primer vuelo (que se controla por un segundo controlador) con el ratón de su puesto 304a de trabajo. Se compone de una indicación de la identidad del vuelo en cuestión, y botones que indican la dirección que el segundo controlador solicita para encaminar el vuelo, comprendiendo un primer conjunto de botones 3802 con la etiqueta "arriba", "abajo", "delante", "detrás", y un segundo conjunto de botones 3804 con la etiqueta "Norte", "Sur", "Este" y "Oeste". Opcionalmente, el primer controlador puede identificar un segundo vuelo contra el que se solicita esta resolución.

20 Al hacer clic en el botón "enviar", el primer controlador hace que su puesto 304a de trabajo genere un mensaje que comprende los campos que indican:

- La primera aeronave (aquí: KLM625);
- La resolución solicitada, y si se incluye;
- 25 • La segunda aeronave (es decir, aquella a la derecha sobre la que se hizo clic).

El puesto 304a de trabajo pasa el mensaje al servidor 108 informático que determina la puesto 304b de trabajo del controlador responsable de la primera aeronave y encamina el mensaje hasta el mismo, donde se muestra en una ventana de texto. El segundo controlador puede a continuación indicar la aceptación o rechazo enviando la solicitud de vuelta al primero.

30 Del mismo modo, una solicitud de interacción se genera por un primer controlador haciendo clic a la izquierda en un menú de interacción invocado de una interacción que se muestra en la pantalla del Control de Separación. A condición de que el primer controlador es responsable de un primer de los vuelos implicados y un segundo controlador del segundo de los vuelos, una solicitud se enviará al segundo especificando la pareja de aeronaves en cuestión y la naturaleza de la interacción (por ejemplo, frontal, siguiendo y así sucesivamente), y el segundo puede enviar una señal de vuelta con la aceptación o rechazo, como con un mensaje de solicitud de resolución. El segundo controlador puede entonces asumir la responsabilidad de la interacción, o planificar cambios necesarios en la de trayectoria y enviar la señal de vuelta al primero.

Cada uno de los dos puestos de trabajo mantiene una lista de peticiones formuladas y solicitudes recibidas, junto con su estado (por ejemplo, aceptado o rechazado) que se muestra por la HMI.

40 Será evidente que la mensajería descrita en esta realización se podría utilizar por separado del filtrado y de otras características de las realizaciones anteriormente descritas, y que podrían utilizarse sin mensajería (puesto que la comunicación telefónica entre los controladores está disponible).

### Resumen de los procedimientos de trabajo utilizando las realizaciones descritas anteriormente

45 El uso de las realizaciones anteriores quedará claro a continuación, pero algunos comentarios del resumen adicionales pueden ser útil. Un controlador táctico es el principal responsable de los vuelos en su propio sector táctico, pero las presentes realizaciones preferidas le permiten mirar más allá, con la herramienta vertical para evaluar vuelos con altitudes superpuestas, y planificar una ruta hasta el final hasta el límite del sector de planificación (es decir, súper-sector), con precaución. Si él/ella ve una ruta autorizada, el controlador táctico puede asignar un nivel de vuelo de salida y la aeronave puede, si es necesario, permanecer bajo su control hasta que salga del súper-sector, a pesar de que pasa a través de otros sectores tácticos.

50 Por consiguiente, en la presente invención, la responsabilidad no siempre pasa cuando una aeronave cruza un límite del sector táctico, sino que en cambio el sistema mantiene la responsabilidad con el controlador táctico con quien se mantienen las comunicaciones actualmente, y pasa la responsabilidad coincidentemente con la transferencia de comunicaciones de radio de un controlador a otro.

Por lo tanto, los controladores tácticos normalmente no tienen que negociar niveles de entrada y salida entre los sectores, como lo hacen los controladores de planificación en la técnica anterior. Solo se requiere la negociación (o coordinación) si hay un problema a resolver, y no por un procedimiento estándar. Este procedimiento de trabajo en conjunto puede denominarse "colaboración".

5 Los controladores tácticos ven todos los vuelos en los sectores tácticos adyacentes dentro del mismo súper-sector que o bien se acercan lo suficiente como para ser de interés o superponen en altitud futura prevista los vuelos que controlan actualmente, y por lo tanto se pueden tener en cuenta a la hora de hacer planes en todo el sector de planificación.

10 Si una interacción no puede resolverse fácilmente por el controlador táctico que controla una aeronave, él/ella puede solicitar a su controlador táctico adyacente el control de la otra aeronave, ya sea para controlar esa aeronave lejos de la primera, o para resolver toda la interacción.

15 Por lo tanto, el número de controladores de planificación se puede reducir sin reducir los niveles de seguridad, proporcionando herramientas que permitan a los controladores tácticos gestionar aeronaves a través de múltiples sectores tácticos contiguos dentro de y asignados a un súper-sector grande, al mismo tiempo que les da acceso a la información de algunas pero no de todas las aeronaves fuera de sus sectores tácticos pero dentro del gran súper-sector.

#### **OTRAS VARIANTES Y REALIZACIONES**

Si bien las realizaciones de la invención se han descrito anteriormente, será evidente que muchas otras modificaciones y variaciones podrían emplearse sin apartarse de la invención.

20 Mientras que un ordenador central se ha descrito como proporcionando las funciones de predicción trayectoria y detección de conflictos para un sector del espacio aéreo, las mismas funciones podrían distribuirse a través de múltiples ordenadores o, como alternativa, todos los cálculos de múltiples sectores podrían realizarse en un solo ordenador. Sin embargo, se ha encontrado particularmente conveniente proporcionar uno (o más) servidores para cada sector, puesto que así solo es entonces necesario calcular el número limitado de interacciones entre aeronaves  
25 en ese sector (apreciándose que el número de interacciones se eleva como el cuadrado del número de aeronaves).

Si bien los terminales se describen como realizando la interfaz hombre-máquina y recibiendo y transmitiendo datos al ordenador central, podrían proporcionarse terminales "no inteligentes" (o el cálculo se realiza en el central). Muchas otras modificaciones serán evidentes para el experto.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (102-112, 300) de control de tráfico aéreo para su uso por una pluralidad de controladores que controlan una pluralidad de aeronaves (200), comprendiendo una pluralidad de puestos de trabajo, cada uno comprendiendo un procesador, un dispositivo de entrada y un dispositivo de visualización, comprendiendo además un ordenador (108) de control en comunicación de datos con cada uno de los puestos de trabajo, comprendiendo dichos puestos de trabajo al menos un puesto (302, 302a, 302b, 302c) de trabajo para controladores de planificación para su uso por un controlador de planificación, y una pluralidad de puestos (304, 304a, 304b, 304c) de trabajo para controladores tácticos, cada uno para su uso por un controlador táctico respectivo, en el que un puesto de trabajo para controladores de planificación y un puesto de trabajo para controladores tácticos se asignan por dicho ordenador de control a un sector del espacio aéreo, y dicho ordenador de control comunica los datos relacionados con dicho sector a dicho puesto de trabajo para controladores de planificación y a dicho puesto de trabajo para controladores tácticos,  
**caracterizado porque**  
dicho ordenador (108) de control almacena datos de asignación que asignan una pluralidad de sectores tácticos a un sector combinada, y se dispone para asignar un puesto (302, 302a, 302b, 302c) de trabajo para controladores de planificación a cada sector combinado y un puesto (304, 304a, 304b, 304c) de trabajo para controladores tácticos para cada sector táctico,  
dicho ordenador (108) de control se dispone para transmitir a cada uno de dichos puestos (304, 304a, 304b, 304c) de trabajo para controladores tácticos los datos de interacción que muestran las primeras interacciones de aeronaves entre primeras aeronaves que se esperan que se produzcan dentro del sector táctico asignado a ese puesto de trabajo, y también segundas interacciones de aeronaves entre segundas aeronaves que se esperan que se produzcan en otros sectores tácticos dentro del sector combinado al que ese sector táctico se asigna, formando dichas segundas interacciones de aeronaves un subconjunto de todas las aeronaves en otros sectores tácticos dentro del sector combinado al que se asigna ese sector táctico que cumple los criterios de interacción predeterminados.
2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, dispuesto para permitir que cada uno de dichos controladores tácticos mantenga el control de una aeronave después de que sale de su sector táctico respectivo y entra en aquél de otro de dichos controladores tácticos dentro del sector combinado al que se asignan los dos sectores tácticos.
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que se permite que cada uno de dichos controladores tácticos introduzca, para un aeronave actualmente bajo su control, un nivel de vuelo autorizado que consigue una salida del sector combinado al que se asigna el sector táctico del controlador táctico, dicho nivel de vuelo autorizado estando en otro sector táctico asignada al mismo sector combinado.
4. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además una plataforma de mensajería que permite a cada controlador táctico enviar mensajes a otros destinados a los sectores tácticos asignados al mismo sector combinado.
5. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dichos mensajes comprenden un mensaje solicitando que otro controlador táctico gestione una interacción entre una pareja de aeronaves definida.
6. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dichos mensajes comprenden un mensaje solicitando que otro controlador táctico instruya a una aeronave específica tomar una acción específica.
7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos criterios específicos no incluyen interacciones entre aeronaves, ambas de las cuales son:
- (a) fuera de la jurisdicción del sector combinado, y
  - (b) entrando o saliendo del sector combinado de o al mismo sector adyacente.
8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos criterios específicos no incluyen interacciones para un sector táctico que se producen fuera de ese sector táctico entre aeronaves ninguna de las cuales
- (a) están previstas para entrar en ese sector táctico y
  - (b) están bajo el control del controlador de ese sector táctico.
9. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dichos criterios específicos excluyen, para un primer sector táctico, las interacciones entre aeronaves que, por sus trayectorias actuales, interactuarían dentro de dicho primer sector táctico, pero donde el plan de vuelo de dichas aeronaves indica que ninguna entrará en dicho primer sector táctico.
10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dichos criterios específicos no incluyen, para un primer sector táctico, una interacción entre un par de aeronaves que interactuarían dentro de dicho primer sector táctico, donde una de dichas aeronave está en, o se espera que entre en, dicho primer sector y la otra no.
11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho puesto de trabajo para controladores tácticos se

dispone para mostrar selectivamente una pantalla que muestra la separación horizontal de dicha primera y segunda interacciones de aeronaves.

5 12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho puesto de trabajo para controladores tácticos se dispone para mostrar selectivamente una pantalla de separación vertical que muestra, en relación con una aeronave de referencia seleccionada por el controlador táctico, las indicaciones de cualquier segunda aeronave cuyo nivel de vuelo actual, nivel de vuelo previsto o planes de vuelo futuros se superponen con aquellos de dicha aeronave de referencia, y en el que dicho ordenador de control se dispone para determinar dichas superposiciones y transmitir datos de visualización a dicha pantalla de separación vertical en dicho puesto de trabajo para controladores tácticos.

10 13. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho puesto de trabajo para controladores tácticos se dispone, para dicha primera aeronave de referencia seleccionada por el controlador táctico, para mostrar selectivamente cualquiera de un conjunto de dichas segundas aeronaves que son un subconjunto de los vuelos para los que hay datos almacenados relacionados con el sector combinada al que se asigna ese sector táctica, y cuya trayectoria horizontal y nivel de vuelo autorizados, o perfil vertical previsto futuro, a través del sector combinado a un nivel de vuelo de salida planificado se predicen, a partir de sus respectivas trayectorias, para tener el potencial de  
15 entrar en una proximidad predeterminada con respecto a dicha primera aeronave de referencia.

14. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho ordenador de control se dispone para almacenar datos que definen, para cada aeronave dentro de un sector de planificación;

- 20 (a) el plan de vuelo;  
(b) cualquier nivel de vuelo autorizado introducido por uno de dichos controladores tácticos;  
(c) el nivel de vuelo de salida del sector de planificación;

y se dispone para detectar cuando la posición actual de la aeronave se desvía de dicho plan de vuelo y para calcular una trayectoria implícita de dicha aeronave entre dicha posición actual de la aeronave y dicho nivel de vuelo de salida, teniendo en cuenta cualquier dicho nivel de vuelo autorizado.

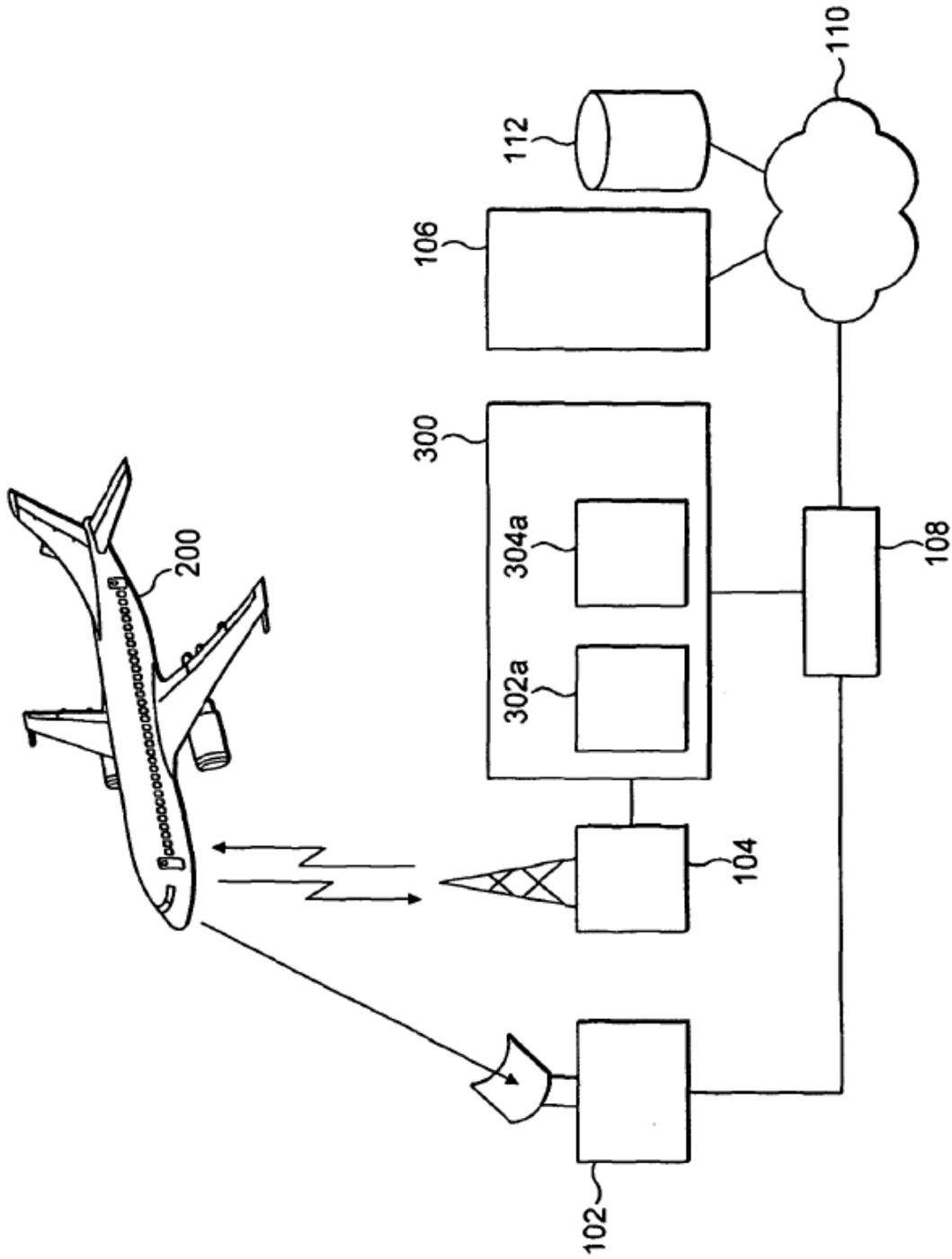
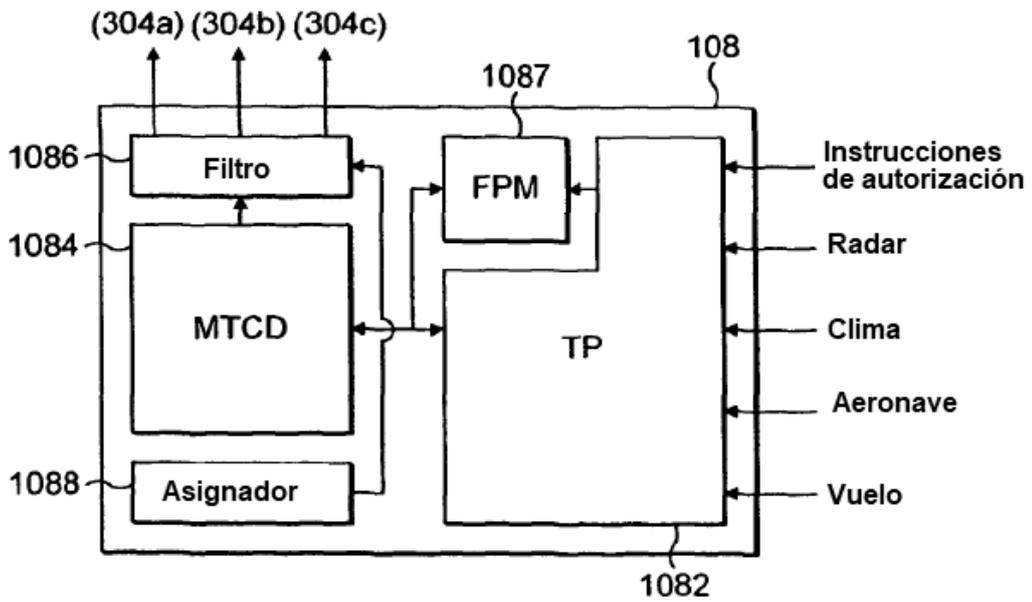
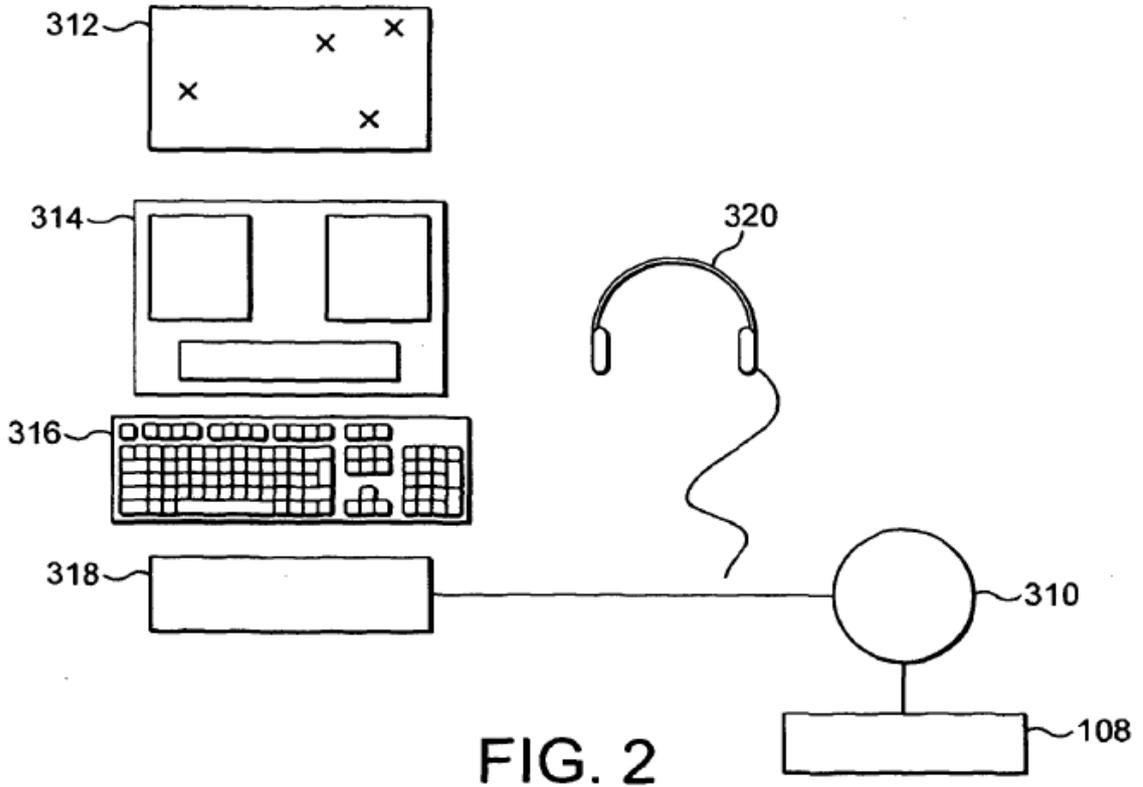


FIG. 1



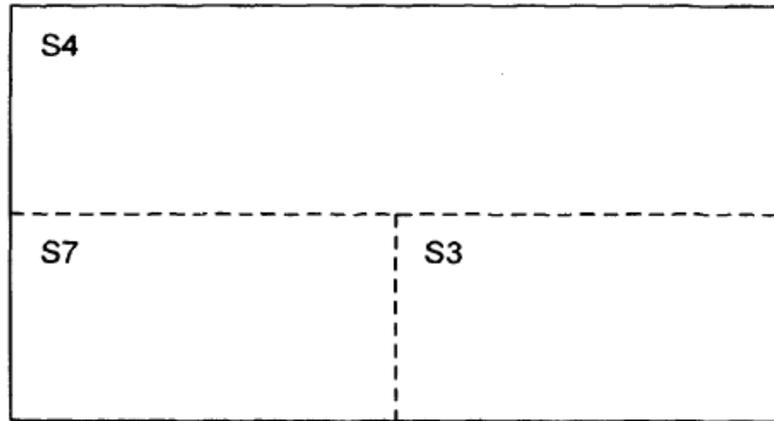


FIG. 4

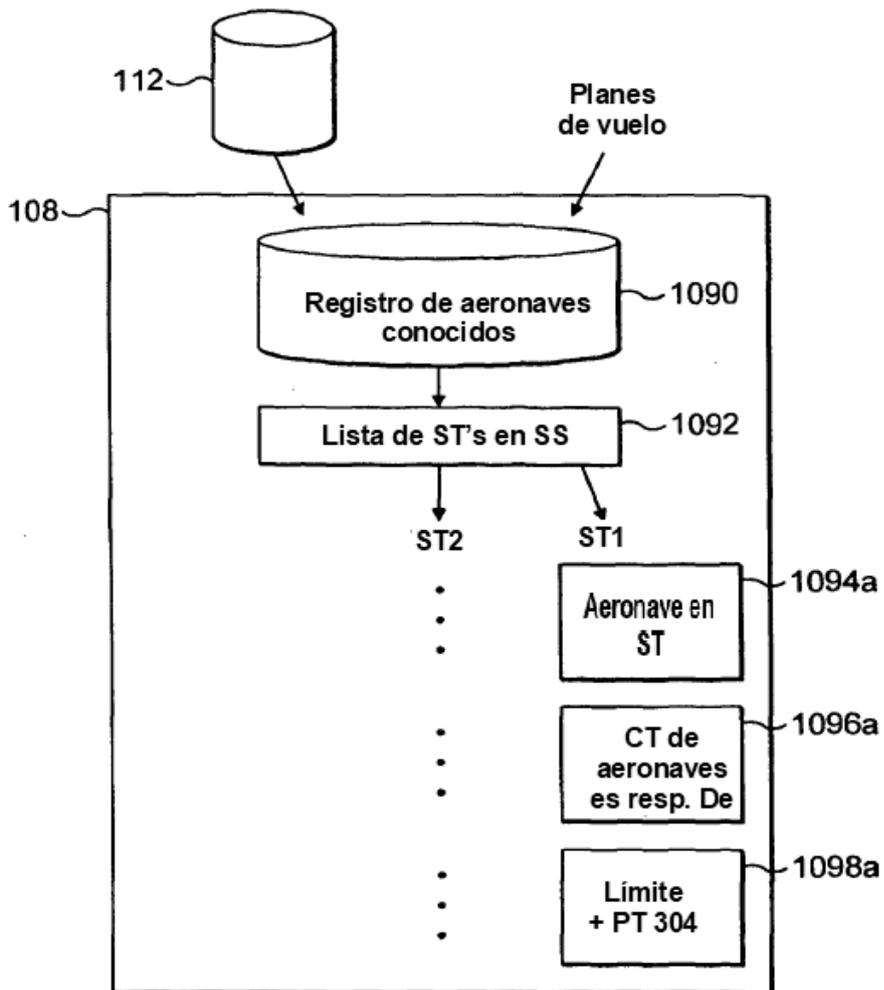


FIG. 5

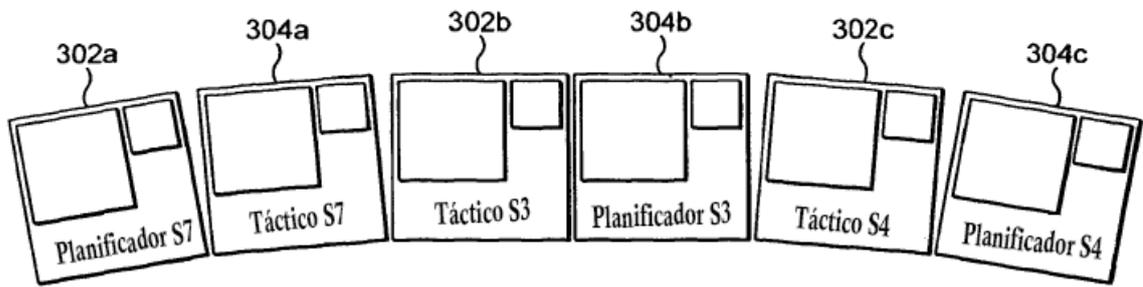


FIG. 6

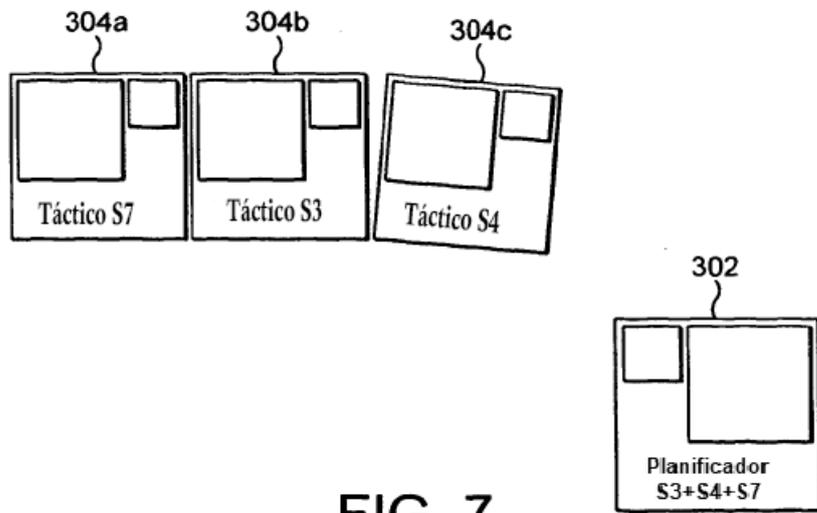


FIG. 7

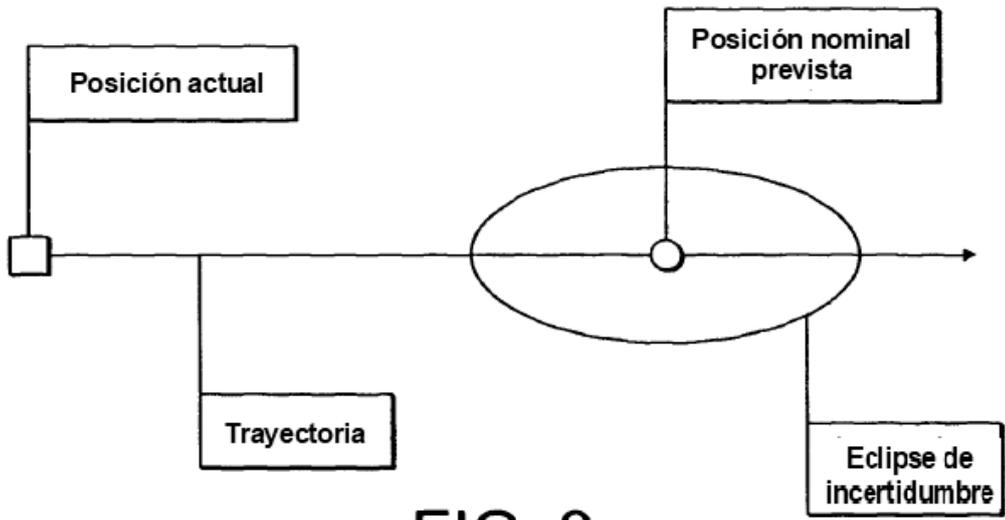


FIG. 8

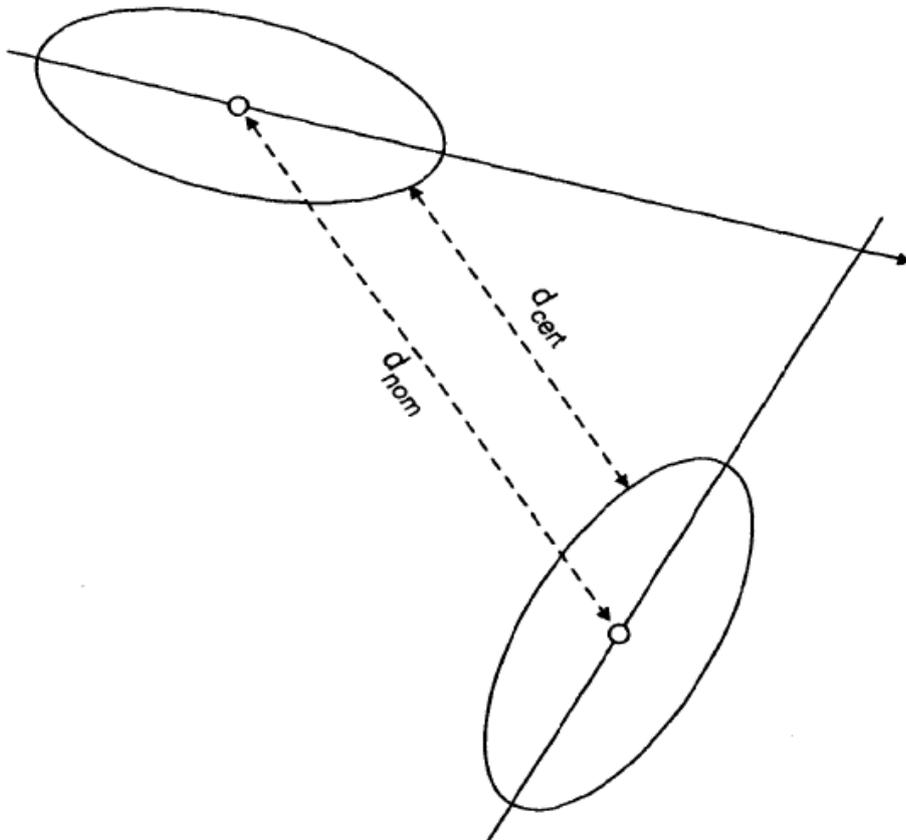


FIG. 9

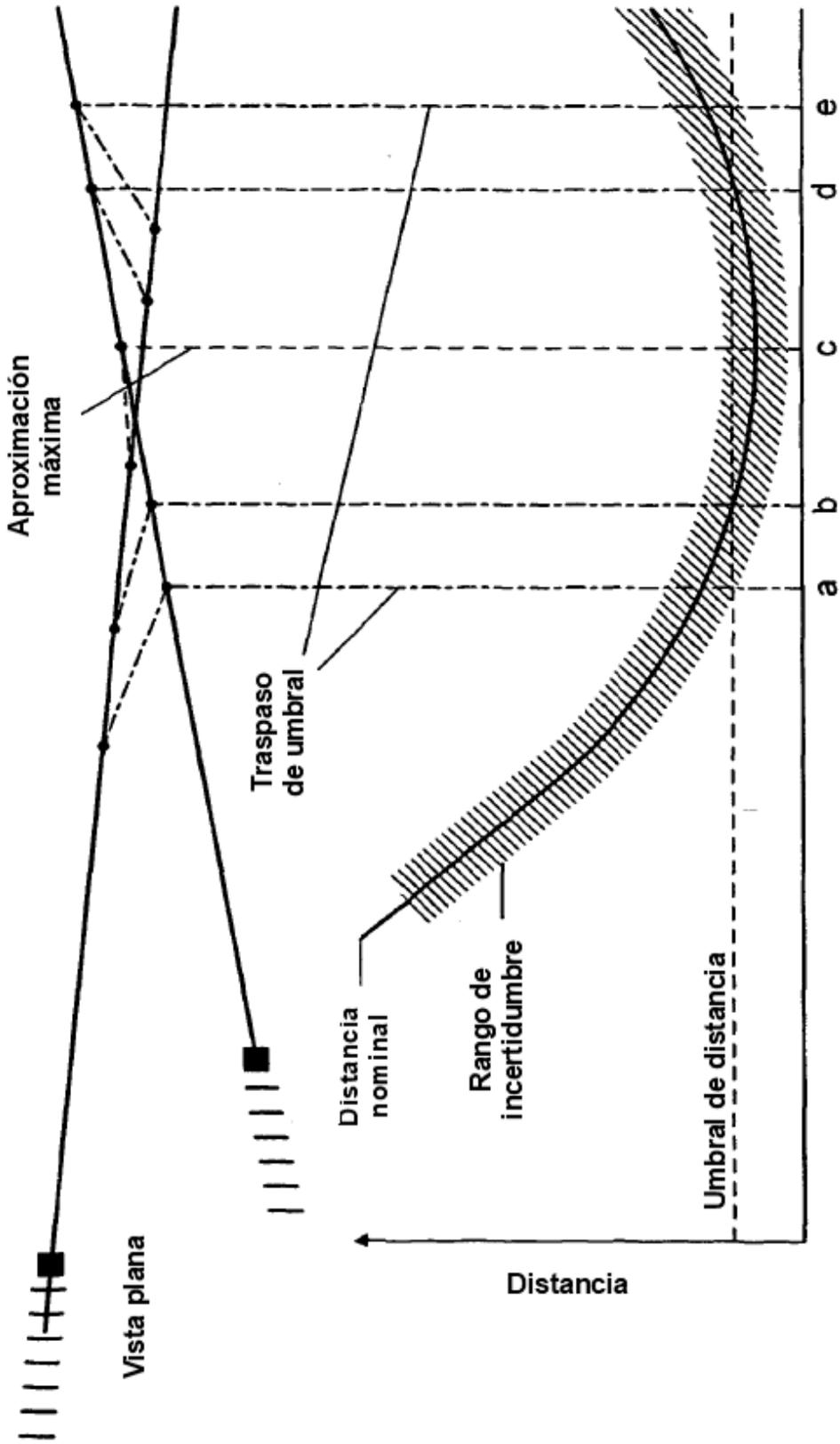


FIG. 10

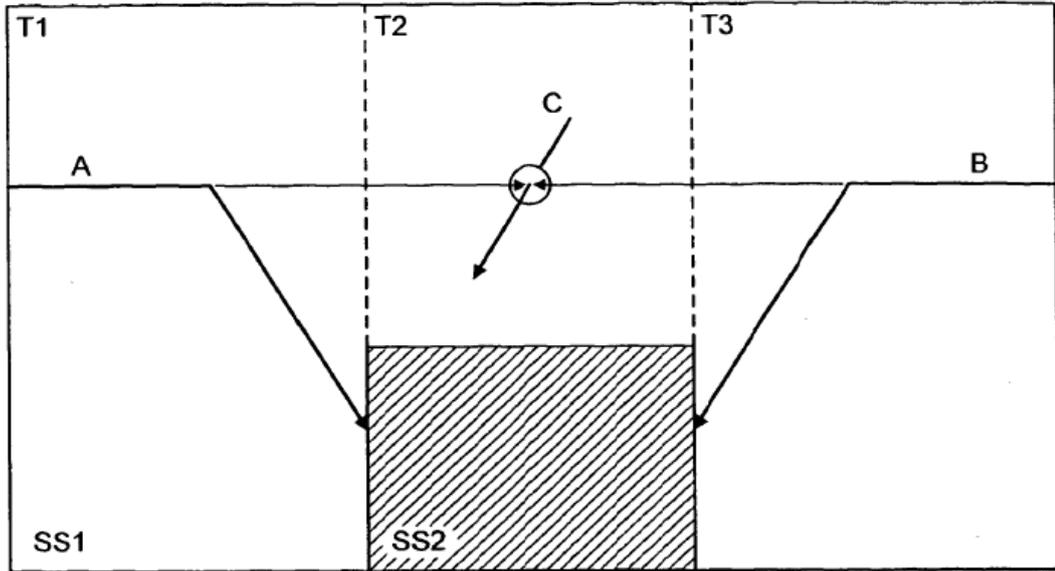


FIG. 11

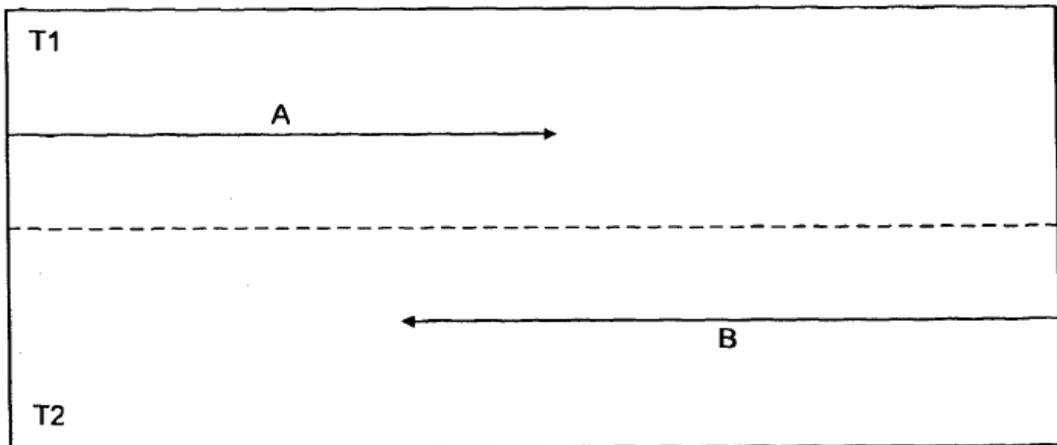


FIG. 12

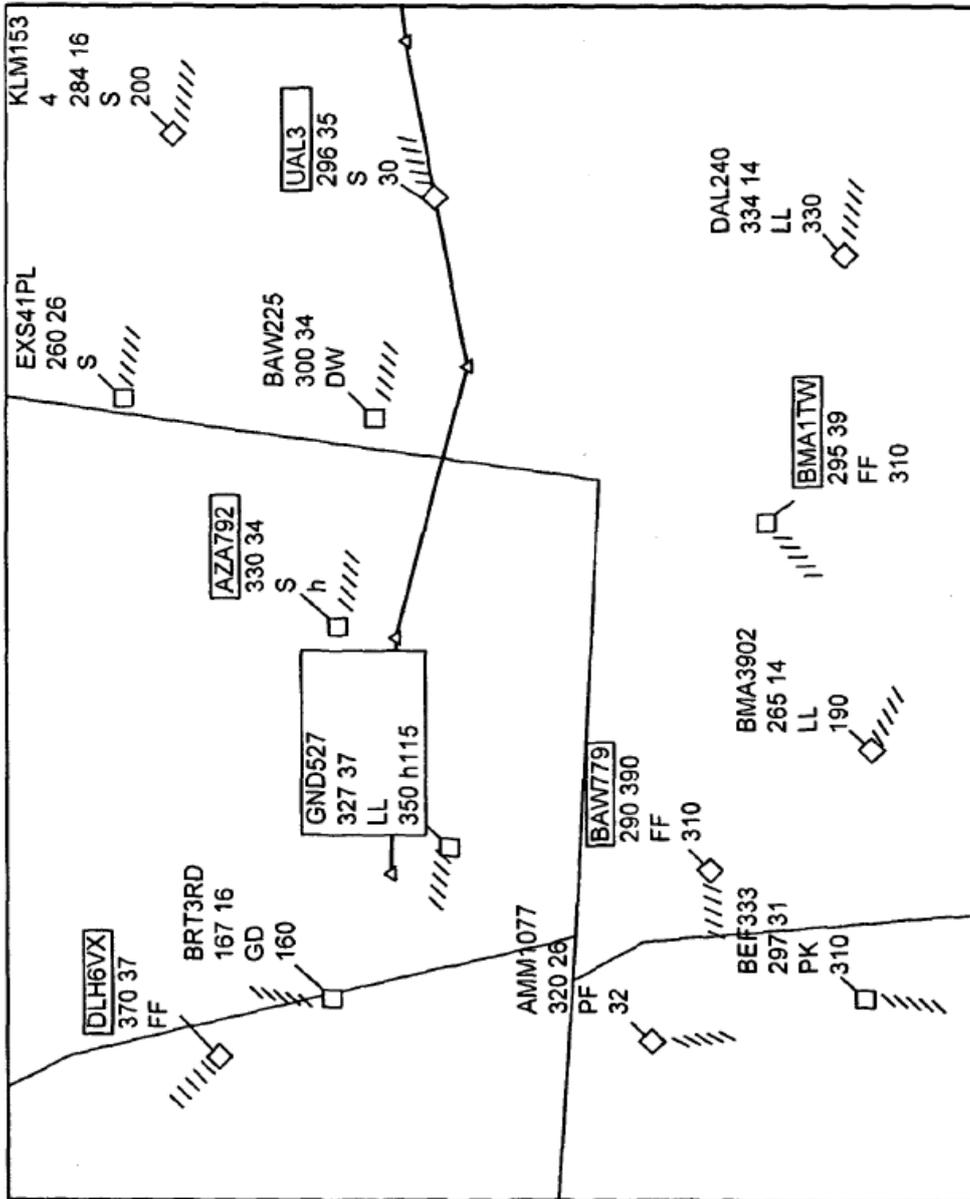


FIG. 13

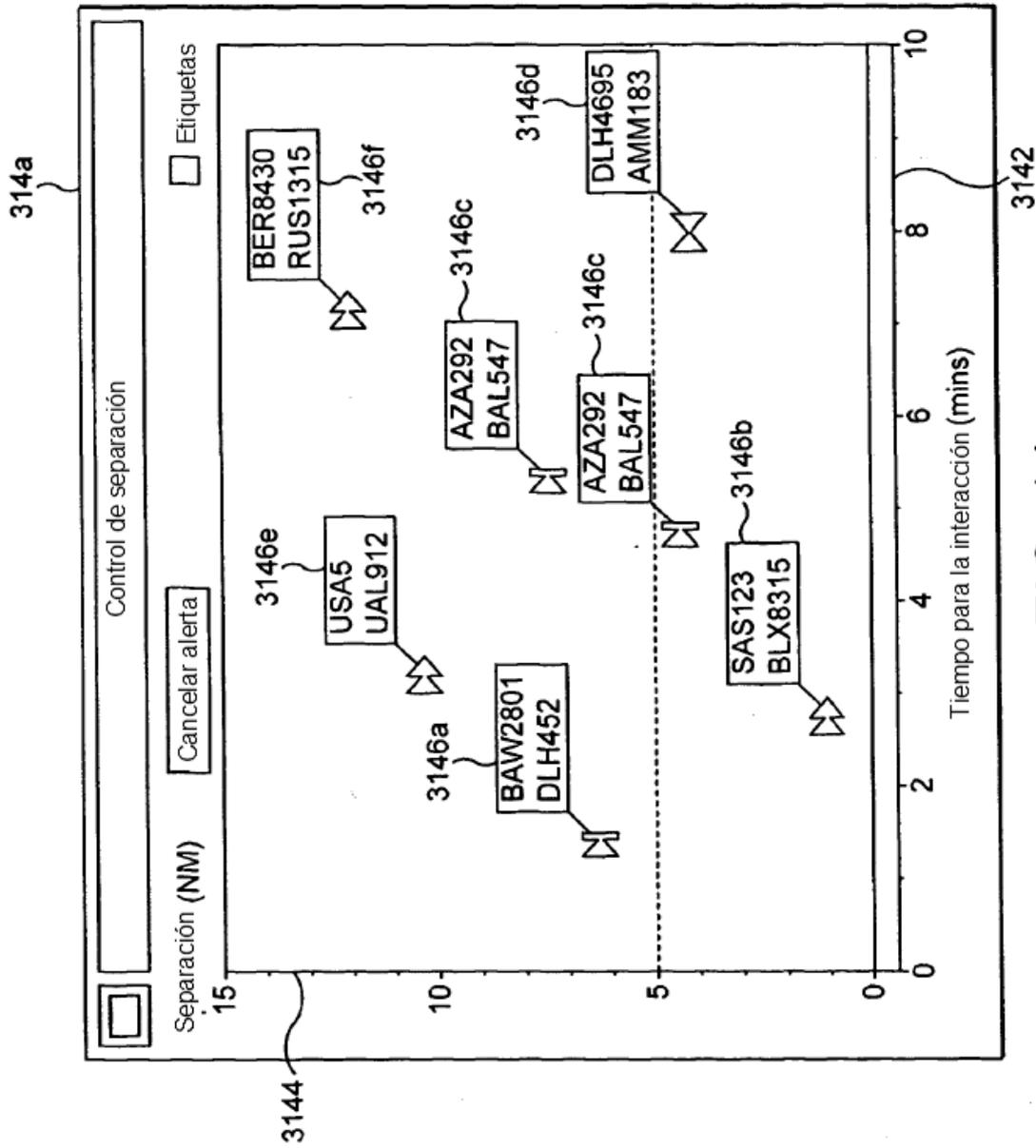


FIG. 14

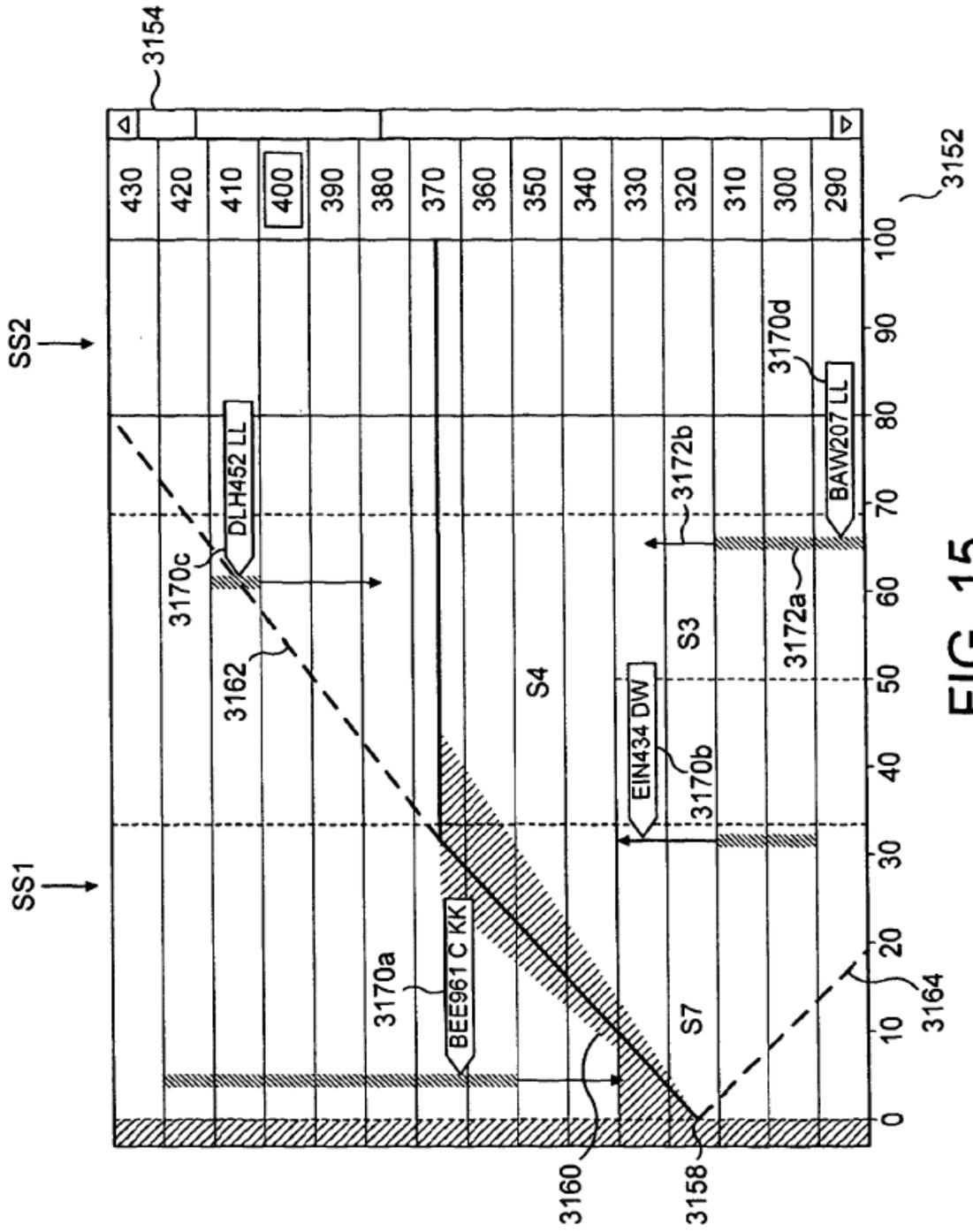


FIG. 15

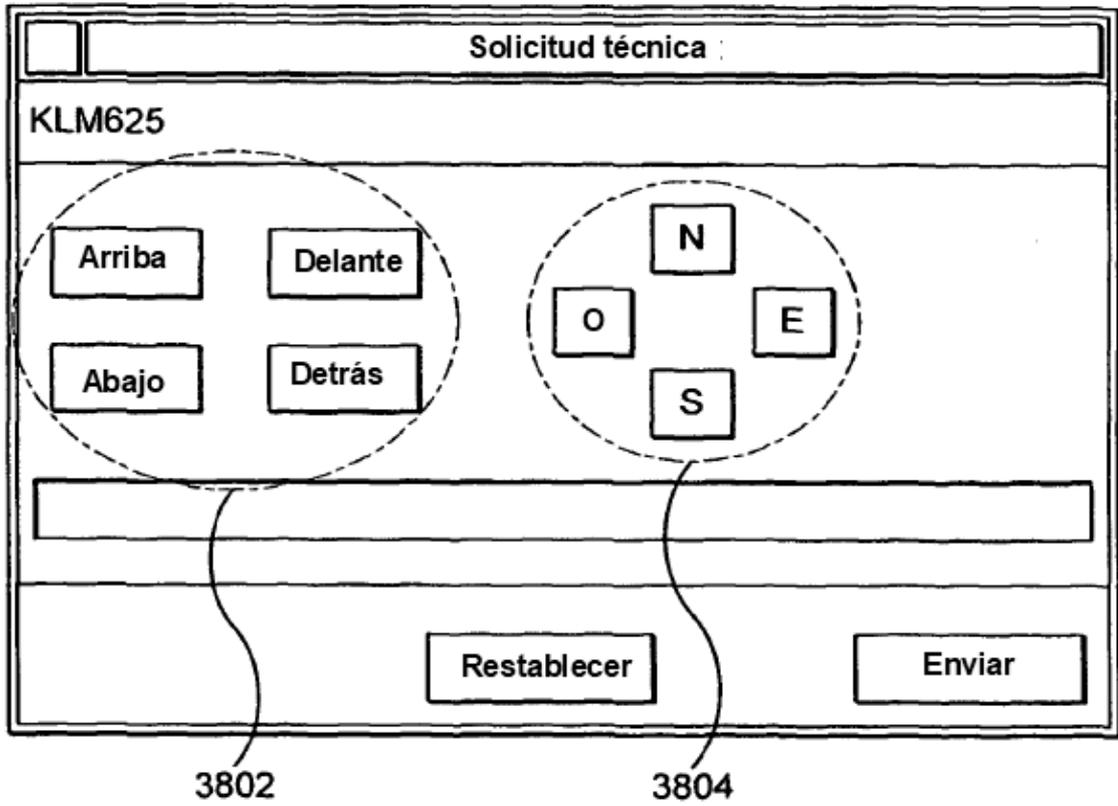


FIG. 16