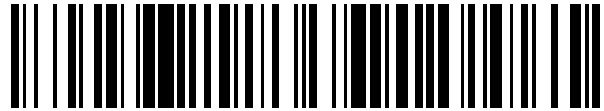


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 701**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/93** (2006.01)

**G01C 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.1999** **E 05000618 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014** **EP 1531340**

54 Título: **Sistema y método para la prevención de colisiones utilizando una posición interna dentro de una formación cerrada**

30 Prioridad:

**30.12.1998 US 223533**

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

**02.07.2014**

73 Titular/es:

**AVIATION COMMUNICATION & SURVEILLANCE  
SYSTEMS, LLC (100.0%)  
19810 N. 7TH AVENUE  
PHOENIX, ARIZONA 85027-4400, US**

72 Inventor/es:

**FRAZIER, JAMES A., JR.;  
JONGSMA, KENNETH R. y  
STURDY, JAMEST.**

74 Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

**ES 2 472 701 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

Sistema y método para la prevención de colisiones utilizando una posición interna dentro de una formación cerrada

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere en general al campo de la aeronáutica para sistemas de prevención de colisiones (CAS). Más específicamente, la presente invención se refiere en general a sistemas de alerta y prevención de colisiones y los transpondedores de tráfico en el aire. El sistema de prevención de colisión que se describe en el presente documento tiene la capacidad de posicionar y separar las aeronaves en una gran formación de vuelo durante, por ejemplo, la noche/condiciones meteorológicas instrumentales.

Estimuladas por la colisión de dos aeronaves sobre el Gran Cañón en 1956, las aerolíneas iniciaron un estudio de los conceptos de prevención de colisiones. A finales de 1980, un sistema de anticolidión de a bordo ha sido desarrollado con la colaboración de las compañías aéreas, la industria de la aviación, y la Administración Federal de Aviación (FAA). El sistema, denominado Sistema de Alerta de Tráfico y Prevención de Colisión II (TCAS II) fue ordenado por el Congreso para ser instalado en la mayoría de aeronaves comerciales a principios de 1990. Una cronología del desarrollo de los sistemas anticolidión de a bordo se puede encontrar en "Introduction to TCAS II", impreso por el Administración Federal de Aviación del Departamento de Transporte de EE.UU., marzo 1990.

El desarrollo de un CAS aéreo eficaz ha sido el objetivo de la comunidad de la aviación durante muchos años. Sistemas anticolidión de a bordo proporcionan protección contra las colisiones con otras aeronaves y son independientes del control del tráfico aéreo basado en tierra. Como es bien apreciada en la industria de la aviación, evitar esas colisiones con otras aeronaves es una tarea muy importante. Por otra parte, la prevención de colisiones es un problema tanto para las aeronaves militares como comerciales por igual. Además, un gran número de interrogantes simultáneos TCAS a partir de elementos de aeronaves en formación cerrada genera interferencia de radiofrecuencia (RF) significativa y, potencialmente, podría degradar la efectividad de mantener criterios precisos de posición/de separación con respecto a otras aeronaves y obstáculos. Por lo tanto, para promover la seguridad del transporte aéreo, son altamente deseables los sistemas que eviten la colisión con otras aeronaves.

Además de los problemas descritos anteriormente, es deseable que las aeronaves, en concreto aeronaves militares, realicen lanzamientos de precisión desde el aire, encuentros, reabastecimientos en vuelo y misiones aire-tierra por la noche y en cualquier condición climática, incluyendo condiciones meteorológicas instrumentales (IMC) con una baja probabilidad de detección. Además, es deseable que se permita que tan pocas como 2 de estas aeronaves hasta tantas como 250 aeronaves mantener la posición de formación y la separación en alcances seleccionables de 500 pies a 100 nm en todas las altitudes de las Reglas de Vuelo Instrumental (IFR) como se describe en la Directrices para la Planificación de Defensa. Además, el sistema debe ser compatible (principalmente debido a cuestiones de costes) con los sistemas de equipamiento de la estación de mantenimiento actual (SKE) o que no será capaz de volar en formación IMC con aeronaves equipadas con SKE.

Haciendo referencia a la figura 1, en ella se muestra un diagrama de bloques de un sistema TCAS convencional. Se muestra en la figura 1 una antena direccional TCAS 10, una antena omnidireccional TCAS 11, y una unidad de equipo TCAS 12, que incluye un receptor I2A, un transmisor I2B, y un procesador 12C. También se muestran un anunciador aural 13, pantalla de aviso de tránsito (TA) 14, y pantallas de aviso de resolución 15. Alternativamente, las pantallas de TA y RA se combinan en una pantalla (no mostrada). El transpondedor se compone de una unidad de transpondedor 16A, un panel de control 16B, y antenas de transpondedor 16C y 16D. La TCAS y el transpondedor operan juntos para funcionar como un sistema de prevención de colisiones. Los expertos en la técnica entienden que esto es simplemente ilustrativo de un TCAS convencional. Por ejemplo, muchas otras configuraciones son posibles, tales como la sustitución de antena omnidireccional 11 con una antena direccional tal como es conocido por los expertos en la técnica. El funcionamiento de la TCAS y sus distintos componentes son bien conocidos por los expertos en la técnica y no son necesarios para la comprensión de la presente invención.

En un sistema TCAS, tanto el interrogador y el transpondedor están en el aire y proporcionan un medio para la comunicación entre aeronaves. El transpondedor responde a la consulta transmitiendo una respuesta que es recibida y procesada por el interrogador. En general, el interrogador incluye un receptor, un convertidor analógico a digital (A/D), un cuantificador de vídeo, un detector de borde de ataque, y un decodificador. La respuesta recibida por el interrogador consiste en una serie de impulsos de información que pueden identificar la aeronave, o contener la altitud u otra información. La respuesta es una señal de posición de pulso modulado (PPM) que se transmite, ya sea en un formato de sistema de baliza de radar de control de tráfico aéreo (ATCRBS) o en un formato de selección de modo (Modo-S).

Una aeronave equipada con TCAS II puede controlar a otras aeronaves en un plazo aproximado de un radio de 20 millas de la aeronave equipada con TCAS II. (La patente US No. 5.805.111, Método y aparato para realizar un rango extendido TCAS, describe un TCAS de alcance extendido). Cuando se determina que una aeronave intrusa es una amenaza, el sistema TCAS II alerta al piloto del peligro y da al piloto el rumbo y la distancia a la aeronave intrusa. Si la amenaza no se ha resuelto y es probable una colisión o hay riesgo de colisión, entonces el sistema TCAS II

informa al piloto para tomar una acción evasiva, por ejemplo, subir o bajar para evitar una colisión.

En el pasado, sistemas adicionales a los descritos anteriormente han sido desarrollados para proporcionar la prevención de colisiones para aeronaves que vuelan en formación. Un tipo de sistema es proporcionado por AlliedSignal Aerospace y es conocido como sistema de evasión de colisión de alerta de tráfico mejorado (ETCAS). El ETCAS proporciona una evasión de colisión normal y vigilancia, y un modo de formación/búsqueda para misiones militares específicas.

El ETCAS de AlliedSignal se queda corto de varias maneras. En primer lugar, una vez que una aeronave se une a la formación, el ETCAS solo o en combinación con cualquier otro sistema de a bordo no mantiene la posición y la separación de las aeronaves dentro de la formación. El ETCAS es simplemente una herramienta de conocimiento de la situación que designa los elementos de formación al recibir el código Modo 3/A transmitido desde el transpondedor de la aeronave; el ETCAS no hace interfaz con otros sistemas de la aeronave para compensar errores de posición de la formación. El ETCAS es en realidad un sistema de identificación del elemento de la formación de la aeronave y de encuentro que se queda corto como un verdadero sistema de prevención de colisión de posicionamiento dentro de la formación. En segundo lugar, la pantalla del indicador de velocidad vertical/alerta de resolución de tráfico (VSI/TRA) del ETCAS no anuncia la velocidad relativa (velocidad-alcance) de la formación de cabeza y el elemento aeronave. El ETCAS es sólo marginalmente eficaz sin velocidad relativa de la aeronave de la formación anunciada en la pantalla VSI/TRA. Por lo tanto, el piloto no tiene ninguna referencia de la velocidad relativa para mantener la posición de la formación con la aeronave de cabeza, especialmente durante maniobras de giro críticas. En tercer lugar, la técnica de formación/modo de búsqueda del ETCAS se basa enteramente en los interrogatorios TCAS activos. Los interrogatorios del transpondedor y las respuestas del Modo-S transpondedor resultantes aumentan significativamente la interferencia de recepción de RF con una gran formación de aeronaves y podrían degradar la efectividad de mantener criterios precisos de posición/separación. Además, el aumento del nivel de material compuesto de RF inhibe gravemente que una gran formación atraviese de forma encubierta el espacio aéreo sin ser detectada.

Otro problema se presenta en los sistemas anteriores, en los que la estación de mantenimiento de equipos (SKE) en las aeronaves militares existentes puede soportar una formación de sólo 16 aeronaves.

Un sistema y un procedimiento definido por las características de pre-caracterización de las reivindicaciones 1 y 14, respectivamente son conocidos a partir del documento WO 95/03213 A.

**Sumario de la invención**

Se proporciona el siguiente resumen de la invención para facilitar la comprensión de algunas de las características innovadoras únicas para la presente invención, y no pretende ser una descripción completa. Una apreciación completa de los diversos aspectos de la invención sólo se puede obtener mediante la adopción de toda la especificación, reivindicaciones, dibujos, y resumen como un todo.

La presente invención describe un sistema y procedimiento de mantenimiento de posición de la aeronave y una separación segura de una formación de vuelo de aeronaves grandes, tales como aquellos tipos de formaciones militares para realizar un lanzamiento desde el aire en escuadrón estratégico, aunque puede utilizarse para cualquier servicio aeronáutico que implique la aplicación de las unidades de vuelo en formación de aeronaves. La presente invención implica el uso de un sistema de prevención de colisiones de alerta de tráfico (TCAS) y transpondedor de enlace de datos Modo-S pasivo para proporcionar control dentro de la formación distribuido entre múltiples células de aeronaves en formación.

En una realización, la presente invención comprende un transpondedor en Modo-S de enlace de datos, que genera y transmite datos de difusión ADS-B. Dichos datos de difusión ADS-B contienen información sobre la posición de la aeronave de la aeronave principal. La presente invención también incluye un ordenador del sistema de alerta de tráfico y prevención de colisiones (TCAS) pasivo en comunicación con el transpondedor en Modo-S. El TCAS recibe y procesa datos de difusión de otro transpondedor de enlace de datos que se encuentra a bordo de otro aeronave (por ejemplo, una aeronave seguidor dentro de una célula) para determinar la posición relativa de la aeronave de la aeronave principal con respecto a la otra aeronave.

En una realización adicional de la presente invención, un transpondedor en modo-s de enlace de datos está en comunicación con un ordenador TCAS. El ordenador TCAS recibe y procesa los datos de difusión desde el transpondedor. El ordenador TCAS está también en comunicación con un ordenador de misión de vuelo, que recibe los datos de difusión desde el ordenador TCAS y genera órdenes de maniobra en base a los datos de difusión. La presente invención incluye un enlace de comunicación digital de alta velocidad que está conectado operativamente al ordenador de misión, que se utiliza para transmitir los comandos de dirección a otra aeronave equipada con transpondedor donde los comandos de dirección son procesados por la otra aeronave. La otra aeronave utiliza los comandos de dirección para posicionarse con respecto a la aeronave principal. Esto se puede lograr ya sea con el equipo de la estación de mantenimiento o con controladores automáticos de vuelo.

El procedimiento de la presente invención incluye las etapas de proporcionar un transpondedor (en una o más aeronaves), que genera y transmite datos de difusión ADS-B para determinar la posición relativa de la aeronave, y proporcionar un ordenador TCAS a bordo de una aeronave principal. El TCAS se encuentra en comunicación con el transpondedor y recibe y procesa datos de difusión ADS-B desde el transpondedor. El procedimiento incluye la etapa de (automáticamente) posicionar y separar la aeronave con respecto a la otra durante el vuelo en formación en base a los datos de difusión, utilizando, por ejemplo, medios automáticos de vuelo o de la estación de mantenimiento. El procedimiento incluye además las etapas de proporcionar un ordenador de misión en comunicación con el ordenador TCAS; transmitir los datos de difusión del ordenador TCAS al ordenador de misión; procesar los datos de difusión; y transmitir selectivamente los datos de difusión transformados entre la aeronave a través de un enlace de datos de alta velocidad. La etapa de procesamiento incluye además la etapa de calcular el alcance de las aeronaves objetivo, velocidad de alcance, altitud relativa, velocidad de altitud, y rumbo desde los datos de difusión (ADS-B) recibidos desde el transpondedor en Modo-S para determinar si una aeronave está introduciéndose en el espacio de aire de la aeronave equipada con TCAS. La etapa de transmitir selectivamente se lleva a cabo, por ejemplo, utilizando un identificador de vuelo único de la aeronave particular. El procedimiento también incluye las etapas de alertar al piloto de la aeronave cuando un intruso penetra en un perímetro predefinido de aeronaves que vuelan en formación y la visualización de la velocidad de alcance o de la velocidad relativa de la aeronave dentro de una célula predefinida o del espacio aéreo. El procedimiento incluye además la etapa de inhibir los mensajes de los sistemas de balizas de radar de control de tránsito aéreo (ATCRBS) que se envíen por el transpondedor en Modo-S.

La presente invención es capaz de soportar una formación de vuelo de 250 aeronaves a través del control distribuido de múltiples unidades de células de formación de aeronaves. Utiliza una técnica de vigilancia pasiva para mantener la posición de la aeronave dentro de la formación de 500 pies a 100 nm entre sí a todas las altitudes de las reglas de vuelo por instrumentos (IFR). Se transmite información de posición actualizada de la aeronave periódicamente (por ejemplo, 2 veces por segundo). Estas transmisiones del transpondedor en Modo-S periódicas de información de difusión de vigilancia dependiente automática (ADS-B) se envían y se reciben por el TCAS de otras aeronaves equipadas con TCAS. Esta transmisión de datos ADS-B extendida también se denomina en el presente documento como sistema de posicionamiento global (GPS) o señales espontáneas Modo-S. Las posiciones de una aeronave, altitud y velocidad relativas se presentan en la pantalla de indicador de velocidad vertical/aviso de resolución de tráfico (VSI/TRA) (por ejemplo, un tubo de rayos catódicos o de pantalla plana) y se procesa en el centro de fusión de datos del sistema de prevención de colisión de posicionamiento dentro de la formación (IFPCAS) del ordenador de la misión. El ordenador de la misión recibe datos del ordenador TCAS, procesa los datos para obtener, por ejemplo, el alcance y la velocidad radial, y luego el ordenador de la misión coloca los datos en un formato utilizable por el equipo externo, como el equipo de la estación de mantenimiento. Los comandos de dirección se generan y difunden a las aeronaves distintas o individuales de formación. Los comandos de dirección se ejecutan utilizando equipos de mantenimiento de a bordo (que también se puede utilizar para mantener la posición de un helicóptero) o medios de piloto automático. La técnica de vigilancia pasiva de la presente invención reduce significativamente el alcance sobre el que una formación de aeronaves de gran tamaño puede ser detectada y la menor interferencia de RF resultante mantiene la posición ininterrumpida y actualizaciones de corrección de separación.

La presente invención supera varios problemas, incluyendo, pero no limitados a: proporcionar un medio para posicionar y separar aeronaves en una formación de vuelo extremadamente grande (por ejemplo, de 100 aeronaves) en condiciones de noche/meteorológicas instrumentales utilizando información ADS-B y enlaces de datos de alta frecuencia (y sus correspondientes antenas) para la difusión de comandos de dirección dentro de la formación; utilizar el ordenador de misión de las aeronaves como un centro de fusión de datos para la generación de órdenes de dirección basadas en la información ADS-B asimilada recibida desde el TCAS; y reducir la cantidad de interferencia de RF que resulta de interrogaciones TCAS simultáneas múltiples y respuestas de transpondedor en Modo-S. La presente invención mantiene una separación segura entre 2 a 100 aeronaves, y hasta 250 aeronaves, en la noche y en condiciones meteorológicas instrumentales (IMC). La presente invención permite la posición/separación las aeronaves en alcances seleccionables de 500 pies a 100 millas náuticas en todas las altitudes de las reglas de vuelo instrumental (IFR). La presente invención es una solución de control de posicionamiento/separación de aeronaves integrada.

Las características novedosas de la presente invención se harán evidentes para los expertos en la técnica tras el examen de la siguiente descripción detallada de la invención o se pueden aprender por la práctica de la presente invención. Se debe entender, sin embargo, que la descripción detallada de la invención y los ejemplos específicos presentados, aunque indican ciertas realizaciones de la presente invención, se proporcionan para los propósitos de la ilustración solamente, porque varios cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención se pondrán de manifiesto a los expertos en la técnica a partir de la descripción detallada de la invención y de las reivindicaciones que siguen.

#### IV. Breve descripción de los dibujos

Las figuras que se acompañan, en los que números de referencia similares se refieren a elementos idénticos o funcionalmente similares en todas las vistas separadas y que se incorporan y forman parte de la especificación, ilustran adicionalmente la presente invención y junto con la descripción detallada de la invención, sirven para

explicar los principios de la presente invención.

La figura 1 (técnica anterior) es un diagrama de bloques de un sistema TCAS convencional.

La figura 2 es un diagrama de los componentes de una formación de aeronaves de ejemplo.

5 La figura 3 es un diagrama de bloques de una realización del sistema de prevención de colisiones para vuelos en formación cerrada de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de bloques de una realización alternativa del sistema de prevención de colisiones para vuelos de posicionamiento de dentro de la formación de acuerdo con la presente invención.

10 La figura 5 es un diagrama de bloques más detallado de la realización de la figura 4 (la arquitectura del sistema de prevención de colisiones dentro de la formación) de acuerdo con la presente invención.

La figura 6 es una vista en elevación de una pantalla TCAS VSI/TRA con la velocidad relativa (velocidad de alcance) de las aeronaves de la formación mostrada de acuerdo con la presente invención.

### **Descripción detallada de la invención**

15 Un sistema de prevención de colisiones pasivo (CAS) es implementado por la presente invención para mantener la separación seleccionable entre células de formación y una aeronave seguidora dentro de cada célula utilizando un sistema de control integrado. El CAS pasivo se obtiene por la presente invención utilizando control centralizado y ejecución descentralizada de múltiples células de formación de aeronaves. La presente invención usa los datos de  
20 TCAS y señales espontáneas del sistema de posicionamiento global (GPS) de un transpondedor en Modo-S. Los términos señales espontáneas del GPS, señales espontáneas Modo-S, y ADS-B tienen el mismo significado y se utilizan indistintamente a lo largo de la descripción de la presente invención para describir la transmisión de datos ampliada.

25 El montaje de un gran número de aeronaves de formación (por ejemplo, para un lanzamiento aéreo militar de tamaño masivo en condiciones IMC y de vuelo nocturno) es un problema de control de posicionamiento/separación que se implementa mediante la presente invención en dos partes:

- 1) La modificación o el aumento de un TCAS convencional, por ejemplo, Honeywell TCAS-2000 (producto no. RT-951), para permitir el vuelo en formación cerrada, sin avisos de tránsito o avisos de resolución innecesarios; y
- 2) El uso de los datos desde un transpondedor en Modo-S para procesar la posición de la aeronave, y un enlace de datos de alta frecuencia externo (por ejemplo, VHF, UHF) (transmisor y receptor), con antenas de acompañamiento, para pasar los datos, tales como ADS-B y los comandos de dirección dentro de la formación, entre aeronaves.

35 Haciendo referencia a la figura 2, se muestra una formación de aeronaves ejemplar, con sus elementos en dirección a una zona de lanzamiento 260 para lo que es necesario un sistema de prevención de colisiones de posicionamiento dentro de la formación (IFPCAS). Las aeronaves adyacentes que vuelan en estrecha proximidad entre sí, pero no son parte de la misma célula podrían mantener una separación segura utilizando detección TCAS pasiva y procesamiento. Un gran formación (célula maestra) 200 se puede dividir en células más pequeñas (210, 220, 230, 240) con un líder de la célula (225, 235, 245) responsable de mantener la separación de las aeronaves entre los seguidores de la célula (212, 222, 232, 242). Una célula se define como una formación más pequeña de aproximadamente 2-50 aeronaves. Una formación grande 200 (hasta 250 aeronaves) contiene muchas células dentro de ella. Un líder de formación maestro (MFL) 250 es responsable de mantener la separación entre las células múltiples (210, 220, 230, 240) que componen toda la formación 200 (MFL actúa como una baliza para los seguidores de la formación).

50 El MFL 250 mantiene la separación de las células utilizando la información que se difunde periódicamente desde el transpondedor del líder de la célula, en concreto, señales espontáneas del sistema de posicionamiento global de datos (GPS). El MFL 250 recibe los datos de cada aeronave líder de célula (225, 235, 245). Cada aeronave líder de célula (225, 235, 245) se identifica con una dirección única Modo-S de 24 bits. La localización de la posición exacta de las células de formación y otras múltiples formaciones podría ser rastreada con precisión con los datos de señales espontáneas GPS. MFL 250 fusiona los datos de todas las posiciones de células; tal fusión de datos se lleva a cabo en el centro de fusión de datos IFPCAS del sistema de gestión de vuelo de MFL (FMS) como se muestra y discute con respecto a la figura 5. Comandos de dirección de células individuales se transmiten a través del enlace de datos Modo-S a la aeronave líder de la célula (225, 235, 245) como se muestra y discutido con respecto a la figura 4. Los comandos de dirección están dirigidos a líderes de células individuales por su dirección única Modo-S de 24 bits. MFL 250, los líderes de células (225, 235, 245), y los seguidores de células se pueden identificar por sus direcciones en modo-s de 24 bits y/o identificación de vuelo que se asigna a cada aeronave y se transmite como parte de los tipos de mensajes en modo-s existentes.

60 Los líderes de las células (225, 235, 245) procesan entonces los comandos de dirección dentro de sus propios FMS y difunden comandos de dirección de sus aeronaves dentro de su célula. La aeronave de célula individual actúa ante el comando de dirección, si son dirigidos para hacerlo a través de su enlace de datos digital del sistema de la estación de mantenimiento con el líder de la célula. Debe tenerse en cuenta que cada mensaje en modo-s contiene una comprobación de redundancia cíclica (código de detección de error de 24 bits) para evitar que la información

errónea sea recibida por la aeronave.

La señal espontánea de GPS también se utilizaría de manera similar para permitir formaciones múltiples para volar entre sí y mantener la posición/separación a distancias seleccionables. En el escenario de formaciones múltiples un líder de la formación súper máster (SMFL) recibe información ADS-B desde el SMFL. El SMFL procesa los datos fusionados y difunde comandos de dirección de los líderes principales de los elementos de formación para mantener la posición y la separación entre varias formaciones.

Este enfoque de control de posicionamiento formación distribuida previene un punto único de fallo y proporciona la flexibilidad de pasar al MFL 250 y líder de la célula (225, 235, 245) las responsabilidades de subordinar a las aeronaves en formación.

Haciendo referencia a la figura 3, se muestra una representación gráfica del sistema de vigilancia pasiva de la presente invención que se utiliza para lograr la prevención de colisión en una formación cerrada. La vigilancia pasiva como se usa aquí significa que una prevención de colisiones en una formación cerrada puede alcanzarse sin interrogatorios de asesoramiento de tráfico activos TCAS. El TCAS convencional funciona con interrogatorios de asesoramiento de tráfico activos TCAS. La vigilancia pasiva puede conseguirse a través de difusión de señales espontáneas de GPS del transpondedor en Modo-S y la subsiguiente recepción y procesamiento TCAS de esos datos para visualizar la posición de la aeronave.

La figura 3 ilustra una realización ejemplar de la presente invención. Aunque sólo se ilustran dos sistemas de la aeronave, debería ser claro para los expertos en la materia que múltiples aeronaves tendrán una relación similar a la mostrada entre la aeronave N° 1 y N° 2. En la formación, la aeronave N° 1 representaría el MFL. El funcionamiento del TCAS y cada componente mostrado son bien conocidos en la técnica y no necesitan ser descritos con detalle. Ciertos transpondedores de sistemas de control de tráfico, tales como el transpondedor en Modo-S, incluyen identificadores de aeronaves únicos para que cada mensaje de una aeronave objetivo pueda ser sellado con la identidad de la aeronave objetivo. Mensajes ADS-B se emiten desde el transpondedor en Modo-S 360 a un intervalo predeterminado, por ejemplo, periódicamente una o dos veces por segundo, y contienen las coordenadas geográficas de la aeronave (latitud y longitud), rumbo magnético, velocidad, intención trayectoria de vuelo, altitud barométrica, y el identificador de vuelo, etc., de la aeronave respectiva. Tal conjunto de datos ADS-B se deriva del GPS de la aeronave, sistema de navegación inercial (INS), y el sistema de gestión de vuelo (FMS) (no se muestra) a través de una interfaz de bus, por ejemplo, interfaz ARINC 429-bus de alta velocidad, y se proporciona al transpondedor en Modo-S 360. Los datos ADS-B recibidos por la aeronave equipada con TCAS se procesan y se muestran en la cabina para permitir a la tripulación de vuelo evaluar de un modo mejor los posibles conflictos. El TCAS 350 es manipulado por software para recibir la información de señales espontáneas en modo-s y calcular las posiciones de la proximidad de las aeronaves objetivo. El alcance objetivo, velocidad de alcance, altitud relativa, velocidad de altitud, y rumbo se calculan a partir de estos datos ADS-B recibidos del transpondedor en Modo-S para determinar si una aeronave se está introduciendo en el espacio aéreo de la aeronave N° 1 equipada con TCAS. En una formación, sólo se le permite a la aeronave de cabeza responder a las interrogaciones de tierra debido a la interferencia de radio frecuencia y la incapacidad de control de tráfico aéreo de la FAA de descifrar múltiples retornos en un área muy pequeña. Desde un punto de vista de precisión, la presente invención utiliza datos GPS/TNS que se emiten por una aeronave intrusa, lo que permite un cálculo exacto de la posición con no más de 10 m de error en la mayoría de los casos en lugar de un cálculo posicional relativo. La altitud relativa, velocidad de altitud, el alcance, y la velocidad relativa (velocidad de alcance) son todos críticos para evitar una colisión en la presente invención. Otros parámetros de la aeronave objetivo se contabilizan para derivar la intención y el índice de cierre.

El TCAS 350 de la aeronave N° 1 recibe datos ADS-B del transpondedor en Modo S 360' de la aeronave N° 2 a través del enlace de datos de transpondedor en Modo-S a una frecuencia predeterminada, por ejemplo, 1.090 MHz. Del mismo modo, el transpondedor en Modo-S 360 de la aeronave N° 1 transmite datos ADS-B al TCAS 350' de la aeronave N° 2 a través de su enlace de datos del transpondedor en Modo-S. El TCAS 350 está en comunicación con el transpondedor en Modo S-360 a través del bus 370, por ejemplo, la interfaz ARINC 429-bus. El transpondedor en Modo-S 360 proporciona el TCAS con información de la altitud de la aeronave, que se deriva del ADC 340. Datos ADS-B 310, tales como latitud, longitud, velocidad, trayectoria de vuelo prevista, etc., son proporcionados a partir del sistema de navegación por satélite/Sistema de Navegación Inercial Global (GNSS/INS) 330 al TCAS 350 (a través del Sistema de Gestión de Vuelo (FMS), que no se muestra) y al transpondedor en Modo S-360. Datos ADS-B 320, tales como altitud, se proporcionan desde el ordenador de datos de aire (ADC) 340 al transpondedor en Modo S-360.

Los mensajes ADS-B que se hace referencia en el presente documento se componen de cinco mensajes de señales espontáneas "de longitud extendida": (1) posición de vuelo de señales espontáneas extendidas; (2) velocidad en vuelo de señales espontáneas extendidas; (3) posición de la superficie de señales espontáneas extendidas; (4) identificación de aeronave de señales espontáneas extendidas; y (5) señales espontáneas por eventos. Para vuelo en formación, la presente invención utiliza principalmente formatos de mensaje (1) y (2) para las implementaciones en el aire pasivas y que se discuten en los párrafos siguientes. Información adicional acerca de estos mensajes ADS-B se puede encontrar en AEEC (Aerolíneas Comité de Ingeniería Electrónica) ARINC (Aeronautical Radio,

Inc.), Circulación del Borrador 2 del Proyecto 718A, "MARK 4 AIR TRAFFIC CONTROL TRANSPONDER (ATCRBS/MODE-S)", septiembre 12, 1997.

5 El mensaje de posición en el aire de señal espontánea extendida se emite solamente cuando la aeronave está en el aire. El mensaje de posición en vuelo de señal espontánea extendida contiene información de la posición derivada de las ayudas a la navegación de las aeronaves (GPS e INS). La señal espontánea extendida de posición de vuelo se transmite como mensaje de formato de enlace descendente en Modo-S 17 (DF 017), que es un formato conocido para los expertos en la técnica. El mensaje se emite dos veces por segundo a intervalos aleatorios que se distribuyen uniformemente a lo largo de entre 0,4 y 0,6 segundos en relación con la anterior emisión de posición en el aire de señal espontánea extendida.

15 El mensaje de la velocidad en el aire de señal espontánea extendida se emite solamente cuando la aeronave está en el aire. El mensaje de velocidad en el aire de señal espontánea extendida contiene información de velocidad derivada de ayudas a la navegación de las aeronaves (GPS, INS). El mensaje de la velocidad en el aire de señal espontánea extendida se transmite como mensaje formato de enlace descendente en Modo-S 17 (DF 017), que es un formato conocido para los expertos en la técnica. El mensaje se emite dos veces por segundo a intervalos aleatorios que se distribuyen uniformemente a lo largo de entre 0,4 y 0,6 segundos en relación con la emisión anterior de velocidad en el aire de señal espontánea extendida.

20 Es importante tener en cuenta que el TCAS 350 está funcionando en un modo pasivo, es decir, está recibiendo y procesando datos en lugar de interrogar activamente otra aeronave. Bajo operaciones TCAS convencionales, el TCAS y la información de asesoramiento de resolución de cuota de transpondedor en Modo-S, o a veces llamados mensajes de coordinación, cuando el TCAS está funcionando en el modo de interrogación activa. En la presente invención, la interrogación activa del TCAS se desactiva cuando está en su formación de modo de vuelo.

25 La emisión de datos de señales espontáneas en Modo-S no es solamente clave para la prevención de colisión en formación ajustada, pero también es clave para controlar con eficacia la posición relativa de las unidades de formación celular en el grupo de formación más grande. El sistema de posicionamiento dentro de la formación que aquí se presenta se basa en un esquema de control de células de la formación distribuidas que utiliza señales espontáneas ADS-B de un transpondedor en Modo-S, procesamiento de la información TCAS ADS-B, procesamiento de seguimiento de objetivo de ordenador de la misión, y la SKE de la aeronave residente. En este enfoque, un MFL mantiene el posicionamiento de células utilizando la información ADS-B que se emite periódicamente desde el transpondedor en Modo-S del líder de la célula.

35 Haciendo referencia a la figura 4, se muestra una realización alternativa de la presente invención cuando se opera en el modo IFPCAS. Un ordenador de misión 410 y la SKE 380 se comunican con el TCAS 350 como se había descrito anteriormente con respecto a la figura 3. Las SKE apropiadas incluyen productos AN/APN-169C o AN/APN-240 disponibles de Sierra Research, una división de Sierra Technologies Inc., aunque los detalles de la SKE no son necesarios para la comprensión de la presente invención. Un diagrama de alto nivel de esta arquitectura del sistema se muestra en la figura 5.

45 Aunque sólo dos aeronaves se ilustran en la figura 4, una formación extremadamente grande (por ejemplo, 250 aeronaves) que consista en múltiples unidades de formación funcionaría de manera similar. Un enfoque de la vigilancia pasiva podría ser igualmente eficaz para permitir a múltiples formaciones de vuelo entre sí y mantener la posición de la formación/separación a distancias seleccionables desde 500 pies a 100 nmi en todas las altitudes IFR. En este escenario, un "Super MFL" recibirá la información de posición MFL ADS-B y generará comandos de dirección que se difundirán de manera jerárquica como se describió anteriormente.

50 Un líder de la formación principal (véase, por ejemplo, MFL de la figura 2) se comunica con un seguidor de célula. El TCAS 350 proporciona al ordenador de misión 410 con un conjunto completo de datos de seguimiento derivados ADS-B. El ordenador de la misión 410 selecciona líderes de células de formación por única dirección en Modo-S de la aeronave de 24 bits. La posición de la unidad celular y la información de separación son calculadas por el ordenador de misión a bordo 410 con los comandos de dirección resultantes difundidos a los líderes de la formación de células a través del enlace de datos de alta frecuencia 390. Los comandos de dirección se reenvían desde la serie recibida de alta frecuencia al ordenador de misión del líder de célula 410, que a su vez, los envía al SKE 380. El ordenador de misión 410 proporciona órdenes de orientación de las aeronaves a su SKE 380 a través del bus 385 en base a los datos recibidos del TCAS 350. Las aeronaves seguidoras a continuación, ejecutan los comandos SKE del líder de célula, que pueden incluir una variedad de comandos como cabeceo, balanceo y empuje para mantener la posición en la formación. La arquitectura del sistema que se muestra en la figura 5 se ilustra con el controlador IFPCAS, fusión de datos, y leyes de control implementadas en el ordenador de misión 410 como funciones de software o como una tarjeta de procesamiento VME separada. Pantallas multifunción (MFDs) 550 podrían ser utilizadas como una alternativa a la pantalla TCAS VSI/TRA 600 para mostrar la información de la formación de CAS. La MFD podría mostrar los objetivos TCAS visualizados en ellos en lugar de o además de VSI/TRA 600.

65 Es importante tener en cuenta que la selección de los elementos de formación se puede conseguir utilizando la dirección en Modo-S único de 24 bits que se emite en el extremo de la cola de cada transmisión de señales

espontáneas GPS. Además, un medio secundario de selección de elementos pueden ser alcanzados utilizando el ID de Vuelo, que se transmite también como parte del mensaje de longitud extendida en Modo-S.

Las formaciones de aeronaves de mantenimiento sin estación (por ejemplo, formaciones de células cisterna) pueden ser manejadas de una manera similar. De hecho, las cisternas equipadas con TCAS pueden utilizar Modo-S ADS-B para encontrarse con aeronaves en formación específica utilizando la dirección de 24 bits selectiva o Vuelo ID transmitido en el mensaje de señales espontáneas en Modo-S. Esta aeronave de mantenimiento sin estación pudo mantener la posición y la separación dentro de la unidad de formación mediante la recepción de datos ADS-B de señales espontáneas en Modo-S del MFL y/o aeronave líder de la célula y la reconfiguración de datos de la misión de la aeronave para cumplir con los datos de seguimiento ADS-B de señales espontáneas en Modo-S. Del mismo modo, los comandos de encuentro de guía de aeronaves podrían ser generados por sus equipos de misión utilizando los datos de seguimiento ADS-B de aeronaves equipadas. Este es otro ejemplo en el que la dirección única en Modo-S puede ser usada para rastrear selectivamente una aeronave elemento de la formación específica.

Haciendo referencia a la figura 5, se muestra una realización de la arquitectura IFPCAS de acuerdo con la presente invención. Aeronaves de transporte de lanzamiento de un escuadrón estratégico (SBA) simplemente volarán por sí mismas al objetivo terrestre/zona de lanzamiento mostrado en VSI/TRA usando la metodología de posición que se discutió anteriormente. El ordenador de misión de la aeronave 410 se compone de un controlador IFPCAS 555 sujetos a leyes de control IFPCAS 560, FMS 565, fusión de datos 570, y procesamiento de visualización 575.

El elemento de fusión de datos 570 interactúa con los equipos de enlace de datos (digitales) periféricos para recopilar datos disponibles del TCAS 350, transpondedor en Modo-S 360, radio de enlace de datos VHF 520, SKE 380, y receptor del marcador de la zona 510. Los datos recogidos son datos de vigilancia dependiente automática (ADS), datos de equipo de mantenimiento de estación (SKE), y datos del sistema de alerta de tráfico y sistema anticolidión (TCAS) y datos en Modo-S. Los datos ADS se reciben de otras aeronaves dentro de la línea de alcance de visión de esta aeronave, así como de estaciones terrestres de control del tráfico aéreo (ATC). Los datos SKE se reciben de otra aeronave actualmente en formación con esta aeronave. Los datos de TCAS/Modo-S se reciben de otras aeronaves dentro de la línea de alcance de visión de esta aeronave, así como de las estaciones de tierra del ATC.

Debido a que estos datos se obtienen a partir de múltiples fuentes independientes, representa diferentes puntos de vista de la posición y el estado de esta aeronave con respecto a otras aeronaves adyacentes. El conjunto total de datos recogidos contendrá de datos duplicados y posiblemente algunos datos contradictorios. Algoritmos de fusión de datos (los detalles no son necesarios para la comprensión de la presente invención) se utilizan para correlacionar este conjunto total de datos en subconjuntos lógicos y coherentes de información que eliminan la duplicación de datos y resuelven datos contradictorios. Varios subconjuntos están involucrados: un subconjunto de las aeronaves actualmente en formación con esta aeronave; un subconjunto de las aeronaves en las formaciones adyacentes o se reunirán; y un subconjunto de las aeronaves en la línea del campo de visión de esta aeronave, pero no se asocia con la dentro de la formación. Cada subconjunto de información contendrá datos de identificación, datos de posición, datos de intención, datos de prioridad de amenaza, y datos dentro de la formación para cada aeronave.

El controlador IFPCAS 555 interactúa con los equipos de enlace de datos periféricos para determinar sus modos de operación actuales. El elemento controlador IFPCAS 555 recibe entradas de mando de la tripulación y la información de fusión de datos para determinar qué funciones IFPCAS activar. Durante las operaciones dentro de la formación, el controlador IFPCAS 555 responde a las entradas de la tripulación y de activa las leyes de control 560 para volar la aeronave en la formación utilizando la información de fusión de datos. Además, el controlador IFPCAS 555 interactúa con el FMS 565 pasándole datos de control de cambios en el plan de vuelo coordinados entre otras aeronaves dentro de la formación. Además, el controlador IFPCAS 555 responde a las entradas de la tripulación para activar o minimizar las emisiones de radiofrecuencia por el envío de los datos de control al transpondedor en Modo-S 360 y TCAS 350. Esto minimizará la capacidad de las fuerzas enemigas para detectar esta aeronave en o cerca de zonas de guerra durante las operaciones militares.

Las leyes de control IFPCAS 560 son leyes de control que utilizan la información de fusión de datos y entradas del controlador IFPCAS 555 para procesar algoritmos de la ley de control que calculan los objetivos de velocidad, altitud, rumbo y acelerador para el sistema automático de control de vuelo (AFCS) 530 de una manera evidente para los expertos en la técnica. Debido a que las leyes de control de TCAS convencionales son conocidas por los expertos en la técnica, las leyes de control de la presente invención se implementan de manera similar por los expertos en la técnica, mientras que también representan el equipo externo, como el SKE. El AFCS 530 es un sistema de control de vuelo automático de aeronaves convencional que proporciona director de vuelo, piloto automático y funciones de control del acelerador automático. El AFCS 530 recibe los objetivos de velocidad aérea, altitud, rumbo y acelerador desde el elemento de leyes de control IFPCAS 560 para controlar la aeronave dentro de la formación. Estos objetivos se utilizan para mantener la aeronave en formación con otras aeronaves y para mantener las distancias de separación entradas por la tripulación.

Las unidades de pantalla de control (CDU) 540 son interfaces utilizadas por un operador para la entrada de parámetros de vuelo en el FMS 565. El FMS 565 es un sistema de gestión de vuelo de aeronave convencional que



proporciona rutas del plan de vuelo y guía lateral y vertical a lo largo de esas rutas. El FMS 565 recibe datos de control del controlador IFPCAS 555 para llevar a cabo los cambios de rutas del plan de vuelo coordinados entre todas las aeronaves dentro de la formación.

5 El elemento de procesamiento de pantalla 575 es una función de procesamiento de visualización convencional que presenta información a la tripulación de vuelo en, por ejemplo, pantallas multifunción (MFD) 550. El elemento de procesamiento de pantalla 575 recibe datos de visualización del controlador IFPCAS 555 y funciones de fusión de datos 570. Estos datos son un conjunto integrado de la pantalla de cabina del piloto de información sobre el tráfico (CDTI), que ofrece una presentación clara y concisa del tráfico adyacente para un mejor conocimiento de la situación.

10 Las aeronaves militares y civiles no en formación que son capaces de recibir datos TCAS ADS-B pueden ver los objetivos de aeronaves en formación en su VSI/TRA 600 (ver figura 6). Debido a la formación de las aeronaves no están pasando avisos de resolución será responsabilidad de la aeronave no en formación de maniobrar fuera del camino.

15 El TCAS 350 recibe y procesa la información de ADS-B y muestra la posición relativa de la aeronave (distancia, rumbo, y altitud) en la pantalla de indicador de velocidad vertical/alerta de resolución de tráfico (VSI/TRA) 600. Cuando el TCAS de la presente invención se configura para el modo IFPCAS, se inhiben los avisos de resolución debido a la estrecha proximidad de la aeronave dentro de la célula. Por supuesto, los sistemas de la técnica anterior se alejan de esta característica de la presente invención porque el aviso de resolución se desea en esas otras situaciones de prevención de colisiones.

20 Un receptor marcador de zona 510 emula transmisiones de señales espontáneas GPS de un transpondedor en Modo-S 360, que son clave para asegurar los lanzamientos aéreos de precisión. El TCAS 350 podría designar el marcador de zona con simbología única tal como se describe en el presente documento. Un receptor marcador de zona 510 que actualiza 100 millas náuticas parece factible. Sin embargo, dependerá de los niveles de potencia de transmisión de RF que pueden ser toleradas para varios escenarios de misión.

25 El TCAS-2000 Honeywell (por ejemplo, RT-951) y el transpondedor en Modo-S (por ejemplo, XS-950) pueden cumplir los requisitos únicos de posición dentro de la formación que aquí se describen con algunas modificaciones a la unidad TCAS-2000. Estos cambios se analizan en los párrafos siguientes.

30 Un TCAS-2000 modificado o aumentado es un TCAS preferible (siendo que es el producto más reciente) pero otros sistemas TCAS pueden adaptarse y utilizarse así en una manera bien conocida para los expertos en la técnica. El TCAS-2000 es un nuevo sistema de alerta de tráfico y prevención de colisión y está disponible de Honeywell, la compañía que también desarrolló el TCAS II. Las características estándar del TCAS 2000 (es decir, antes de la modificación que se describe en este documento) incluyen: aumento del rango de visualización de 80 millas náuticas (nm) para cumplir con los requisitos de comunicación, navegación, vigilancia/gestión del tránsito aéreo (CNS/ATM); alcances de visualización variable (5, 10, 20, 40 y 80 nm); 50 seguimientos de aeronaves (24 dentro de los cinco nm); 1200 nudos de velocidad de cierre; 10.000 pies por minuto de velocidad vertical; maniobras normales de evacuación; maniobras de escape mejoradas; coordinación de maniobra de escape; y enlace de datos aire/tierra.

35 A modo de ilustración y no como limitación, se añade una tarjeta de entrada/salida (I/O) 350 (en, por ejemplo, una ranura para tarjeta de repuesto existente) en el ordenador TCAS 2000 además de sus otros componentes tal como se muestra en la figura 4. Esta tarjeta I/O 350 ofrece la interfaz de datos ADS-B desde el equipo TCAS-2000 al ordenador de misión de la aeronave 410. Además, el TCAS 350 deriva su actual posición, altitud y velocidad aérea desde el GNS/TNS. Dicha información se aloja utilizando esta tarjeta I/O 352 para interconectarse con el receptor GPS de la aeronave y los sistemas INS (330). La tarjeta I/O 352 tiene capacidad para una interfaz ARINC 429 al GNSS/INS 330 por lo que el TCAS puede establecer su propia posición geográfica y la referencia de velocidad aerodinámica. El TCAS recibe datos de altitud del transpondedor en Modo-S a través de un bus de datos de alta velocidad ARINC 429. Estos parámetros son necesarios para calcular con precisión el alcance exacto, velocidad-alcance, rumbo y altitud relativa de la aeronave de la formación de células adyacentes.

40 Se necesita una modificación de la tarjeta de unidad de procesamiento del ordenador TCAS-2000 (no mostrada) para disminuir el error de alcance filtrado medio de aproximadamente 72 pies a 50 pies. Además, se necesita una modificación en el panel de control para agregar la opción de selección del modo IFPCAS y añadir la opción de selección de alcance 0,5 nmi.

45 Un transpondedor en Modo-S preferible es el transpondedor de enlace de datos Honeywell Mode-Select (Modo-S) (producto No. XS-950), que es un sistema "de características completas" que implementa todas las funciones definidas actualmente Modo-S, pero con la capacidad de actualización integrada para el crecimiento futuro. Como será evidente para los expertos en la técnica, otros transpondedores en Modo-S se pueden utilizar en la presente invención. Los actuales transpondedores en Modo-S se utilizan en combinación con TCAS y ATRCBS para identificar y realizar un seguimiento de posición de la aeronave, incluyendo la altitud. El producto transpondedor de enlace de datos en Modo-S XS-950 transmite y recibe mensajes digitales entre las aeronaves y el control del tráfico

aéreo. Reúne todos los requisitos para un transpondedor en Modo-S como se describe en DO-181 A, incluido el cambio 1. La unidad también se ajusta a la Característica ARINC 718 que interactúa para aplicaciones de transporte aéreo actuales. El transpondedor en Modo-S es capaz de transmitir y recibir mensajes digitales en Modo-S de longitud extendida entre la aeronave y los sistemas de tierra. El enlace de datos proporciona unas comunicaciones más eficaces, positivas y confirmadas que es posible con los sistemas de voz actuales.

Las modificaciones en el transpondedor en Modo-S convencional son requeridas por la presente invención para inhibir las respuestas al interrogatorio del sistema de baliza de radar de control de tráfico aéreo (ATCRBS) mientras está en el modo de funcionamiento IFPCAS. Para reducir aún más los niveles de emisión de RF, la presente invención comprende además un atenuador de paso de energía de RF externo, lo que requiere un cambio en el tablero de TCAS RF. El nivel de transmisión de energía en Modo-S RF es de 640 vatios de pico del pulso, 250 vatios mínimos. Un atenuador externo controlado desde la estación del piloto reduce los niveles de emisión para aeronaves de proximidad cercana, contribuye a reducir la probabilidad de detección, y reduce la posibilidad de desensibilización del receptor de banda L de aeronaves adyacentes. Sólo el líder de células de la formación (por ejemplo, 225 en la figura 2) transmitirán a niveles de potencia de señales espontáneas en Modo-S más altos para asegurar el control de posición de formación positiva con el líder de formación principal (250 en la figura 2). No se requiere ninguna modificación en el transpondedor en Modo-S Honeywell XS-950 para transmitir los datos de señales espontáneas GPS porque ya es Modo-S, capaz del Nivel 4 de la OACI (es decir, transmite y recibe mensajes de bits de longitud extendida de 16 segmentos (112)).

Además de modificaciones de hardware en el TCAS 2000 disponible en el mercado (u otro producto TCAS), se contemplan modificaciones de software al mismo y a los sistemas en Modo-S ADS-B para la presente invención para reducir el número de maniobras evasivas innecesarias y permitir un vuelo en formación cerrada. Las modificaciones incluyen, por ejemplo, una mejora de la capacidad de señales espontáneas del GPS al producto de transpondedor Honeywell en Modo-S disponible en el comercio No. XS-950. El modo IFPCAS se añadirá al software existente. Este modo de operación TCAS único proporcionará al piloto/operador el conocimiento de la situación al volar en una formación de aeronaves equipadas con múltiples TCAS. Las diferencias entre el modo IFPCAS de la presente invención y el modo de funcionamiento TCAS convencional incluyen, pero no se limitan a: interrogación TCAS inhibida; pantalla VSI/TRA de intrusos con indicación visual/sonora de cuando un intruso penetra en un volumen protegido o cumple algún criterio de velocidad de cierre dentro de un volumen protegido; pantalla centrada (o algún posicionamiento) VSI/TRA con aproximadamente 0,5 nmi alcance de selección (ver figura 6), anillo alcance de tamaño apropiado (por ejemplo, 500 pies) en la pantalla VSI/TRA (véase la figura 6); cuantificación de alcance de intruso de una distancia predeterminada (por ejemplo, 70 pies) y filtrado para proporcionar resolución de una distancia predeterminada (por ejemplo, 50 pies); anunciación adicional de velocidad relativa y de identificación del elemento de la formación (ver la figura 6); interferencia de cierre que limita la lógica; cambios necesarios para interconectarse con un GNSS/INS; nuevos parámetros de registro de datos; y modificar el código de software del transpondedor en Modo-S para inhibir la respuesta del sistema de baliza del radar de control de tráfico aéreo (ATCRBS) por aeronaves seguidoras (sólo el MFL tendrá el transpondedor habilitado). Todos estos cambios están dentro de los conocimientos de los expertos en la materia y su aplicación será evidente para ellos.

Tanto el procesamiento de datos de señales espontáneas de GPS TCAS-2000 y la transmisión de datos ADS-B de mensaje de longitud extendida en Modo-S se llevará a cabo como parte de la modificación Cambio 7 de software TCAS-2000 de acuerdo con la presente invención como se describe anteriormente. El sistema comercial TCAS-2000 existente puede ser modificado para operar en un modo IFPCAS mientras mantiene el modo normal de operación de TCAS. La capacidad normal TCAS de aviso de tráfico/aviso de resolución (TA/RA) se inhibiría para evitar los interrogatorios de aeronaves y la operación de aviso de resolución.

El software en el transpondedor se ha completado y certificado ante DO-178B, el requisito de la FAA para el desarrollo y la certificación de software. Las actualizaciones de software se pueden completar a bordo de la aeronave por medio de, por ejemplo, un cargador portátil de datos ARINC 615, que tiene un puerto de cargador de datos ubicado en el conector frontal. Todas las modificaciones de software anteriores están bien dentro de la experiencia de los expertos en la técnica y su aplicación no necesita ser discutida en detalle.

Haciendo referencia a la figura 6, se muestra una pantalla de indicador de velocidad vertical/aviso de resolución de tráfico (VSI/TRA) (o aviso de tráfico/aviso de resolución) 600 de acuerdo con la presente invención. La figura 6 ilustra una pantalla VSI/TRA 600 ejemplar con la formación y los elementos no identificados de formación, tales como aeronaves de células formación (representadas en forma de iconos de aeronave), aeronaves de formación líder 250 (representadas como un icono de una aeronave dentro de un diamante), y las aeronaves no en formación (representadas por los diamantes azules 620 y un círculo ámbar 630). La pantalla VSI/TRA también puede mostrar diferente simbología para aeronaves de la formación, cisterna, no en formación, etc.

Como se muestra en la figura 6, la pantalla TCAS VSI/TRA de la presente invención no sólo muestra la altitud relativa 660 a la aeronave equipada con TCAS 670 (representada como un icono de una aeronave dentro de un anillo de alcance de puntos 640) pero anuncia la velocidad relativa 650 (o velocidad de alcance) de la aeronave equipada con TCAS 670 con el líder de formación 250 y aeronaves seguidoras (610, 680). La posición de la propia aeronave está representada por el icono de la aeronave 670 en la parte inferior de la pantalla dirigida hacia la

posición doce. El número (-05) en la parte superior del icono de una aeronave 680 representa la velocidad relativa (650, 652, 654), por ejemplo, nmi/hr y el número inferior a los objetivos (por ejemplo, 660 que señala a -01) representan la altitud relativa en, por ejemplo, miles de pies. Un número negativo indica que la aeronave objetivo (250, 610, 680) está viajando a una velocidad inferior a la aeronave equipada con TCAS 670 mientras que un número positivo indica que la aeronave objetivo (250, 610, 680) está viajando a una velocidad mayor que la aeronave equipada con TCAS 670. Esta mejora hace del TCAS un instrumento de valor añadido para el piloto a los mandos en los perfiles de formación ajustados. La anunciación de la velocidad relativa será particularmente útil para mantener la posición relativa de las aeronaves dentro de una formación durante maniobras de giro. Un TCAS convencional es consciente del alcance de intrusos y la velocidad de alcance, pero hoy sólo muestra advertencias de color cuando la velocidad relativa del intruso presenta una amenaza. La pantalla de TCAS de la presente invención que funciona en modo dentro de la formación muestra la velocidad relativa de aeronaves de la célula de la formación (650, 652, 654); la velocidad relativa se muestra digitalmente junto con los datos de altitud relativa en el visualizador TCAS 600.

Con el conocimiento instantáneo de la velocidad relativa de cada aeronave en una formación, cualquier tripulación puede corregir inmediatamente su velocidad para que coincida con la aeronave líder o comunicarse con una aeronave adyacente si está volando fuera de la velocidad de formación. Una vez que la velocidad se encuentra bajo mejor control, llega a ser posible para todas las aeronaves en formación volar acopladas a su sistema de gestión de vuelo, asegurando así que cada aeronave vuela la misma pista. La pantalla del TCAS 600 de la presente invención, la cual aumenta con velocidad relativa, debe eliminar casi toda la variación en alcance, reducir significativamente la carga de trabajo de la tripulación y mejorar grandes formaciones de células eficaces seguras en IMC.

El procedimiento de la presente invención sigue la descripción anterior de las realizaciones de sistemas y se describe en el resumen de la sección invención.

Aunque hay numerosas ventajas realizadas por el sistema TCAS se describe en el presente documento, hay dos principales ventajas de la utilización de la vigilancia pasiva para una separación de las aeronaves en una formación cerrada.

La primera ventaja importante es que la exactitud posicional es sustancialmente equivalente a la exactitud posicional de longitud y latitud asociada con la fuente de navegación del GPS de la aeronave. Un rumbo de aeronave relativo dentro la segunda media cuadrática (rms) se puede alcanzar con la presente invención. Esto se debe a que TCAS calcula la posición de la célula objetivo individual basada en los datos de posición ADS-B transmitidos desde cada aeronave. Las operaciones TCAS ADS-B permiten el procesamiento de al menos 50 objetivos. El número de objetivos que se muestran al piloto se basa en un esquema de priorización del número de aeronaves dentro de un alcance horizontal especificado, rumbo con respecto a la aeronave principal, y la altitud relativa. La capacidad de procesamiento y visualización de las aeronaves objetivo nominal es una formación de 35 aeronaves equipadas con TCAS. Los datos ADS-B TCAS recibidos podrían ser transferidos a ordenador de misión de la aeronave a través de la interfaz de bus de datos ARINC 429 para su posterior procesamiento y la generación de comandos de dirección SKE para mantener la separación horizontal y vertical de la aeronave dentro de la célula. La información ADS-B procesada que resulta en el posicionamiento horizontal y vertical de las aeronaves sería directa o indirectamente acoplada al piloto automático o SKE a través del ordenador de gestión de vuelo (FMC).

La segunda gran ventaja es que la vigilancia pasiva reduce las emisiones de radiofrecuencia y contribuye a reducir al mínimo la probabilidad de detección. No se requieren interrogatorios TCAS para establecer la posición relativa de datos ADS-B de señales espontáneas de la aeronave. Los datos de señales espontáneas del GPS se emiten a intervalos aleatorios distribuidos uniformemente sobre un intervalo de, por ejemplo, 0,4 a 0,6 segundos. El transpondedor Honeywell XS-950 contiene interfaces ARINC 429 reservadas para la entrada de longitud, latitud, velocidad, rumbo magnético, trayectoria de vuelo pretendida, y número de identificación del vuelo. La mayoría de estos parámetros se proporcionan a través del sistema de posicionamiento global de navegación por satélite (GNSS) y el sistema de gestión de vuelo (FMS). La altitud barométrica, sin embargo, se deriva por el ordenador de datos aéreo bordo (ADC 340) a través de la interfaz de transpondedor en Modo-S.

Otras variaciones y modificaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica, y es la intención de las reivindicaciones adjuntas que tales variaciones y modificaciones estén cubiertas. Por ejemplo, la técnica de montaje de la antena descrita en U.S. Pat. No. 5.805.111 podría ser implementada en la presente invención para extender el alcance de detección de TGA. Los valores y las configuraciones particulares descritos anteriormente pueden variarse y se citan simplemente para ilustrar una realización particular de la presente invención y no están destinados a limitar el alcance de la invención. Se contempla que el uso de la presente invención puede incluir componentes que tienen características diferentes, siempre y cuando se siga el principio, la presentación de un TCAS pasivo y transpondedor en Modo-S en la comunicación. La presente invención se aplica a casi cualquier sistema CAS y no se limita al uso por el TCAS. Se pretende que el alcance de la presente invención se defina por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para la prevención de colisiones en vuelo en formación, comprendiendo el sistema: medios de transpondedor de enlace de datos, en una primera aeronave, para la recepción de datos de difusión que comprende información de posición de una segunda aeronave; y medios informáticos TCAS del sistema de prevención de colisiones y alerta de tráfico, en la primera aeronave, para la comunicación con dichos medios de transpondedor de enlace de datos; y para el procesamiento de los datos de difusión recibidos para determinar la posición relativa de la aeronave de la primera y segunda aeronave; **caracterizado por que** los medios informáticos TCAS suprimen al menos uno de los avisos de tráfico y avisos de resolución.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que los medios informáticos TCAS inhiben la transmisión de interrogatorios de aviso de tráfico.
3. El sistema de la reivindicación 2, que comprende además medios, en la primera aeronave, para la visualización de la posición relativa de la aeronave de la primera y segunda aeronave a un operador de la primera aeronave.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que los medios de visualización son además para la visualización de la velocidad relativa de la segunda aeronave.
5. El sistema de la reivindicación 1, en el que dichos medios de transpondedor de enlace de datos permite un enlace de datos de selección de modo.
6. El sistema de la reivindicación 1, en el que los datos de difusión comprenden datos de vigilancia dependiente automática de transmisión ADS-B.
7. El sistema de la reivindicación 1, en el que los datos de difusión comprenden datos del sistema de posicionamiento global.
8. El sistema de la reivindicación 1, en el que los datos de difusión comprende datos de señales espontáneas de Modo-S.
9. El sistema de la reivindicación 1, en el que los datos de transmisión comprenden datos de posición en el aire de señales espontáneas extendidas.
10. El sistema de la reivindicación 1, en el que los datos de transmisión comprende datos de velocidad en el aire de señales espontáneas extendidas.
11. El sistema de la reivindicación 1, donde los medios informáticos TCAS son además para la actualización de la posición relativa de la aeronave de la segunda aeronave de conformidad con información adicional de posición recibida por los medios del transpondedor de enlace de datos.
12. El sistema de la reivindicación 1 en el que:
- los medios de transpondedor de enlace de datos son además para transmitir datos de difusión de 20 segundos que comprenden información de posición de la primera aeronave y la identificación de la primera aeronave; y los medios informáticos TCAS está atenuando además la transmisión de los segundos datos de difusión.
13. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además medios informáticos de misión, en la primera aeronave, para la generación de comandos de dirección para mantener la separación entre la primera aeronave y la segunda aeronave de conformidad con los datos recibidos desde los medios informáticos TCAS, comprendiendo los datos la posición relativa de la aeronave de la primera y la segunda aeronave.
14. Un procedimiento para evitar colisiones en vuelo en formación, comprendiendo el procedimiento: una etapa para recibir, en una primera aeronave, datos de difusión que comprenden la identificación y la posición de una segunda aeronave; una etapa para determinar la posición de la primera aeronave a partir de datos de navegación recibidos; una etapa para determinar la posición relativa de la aeronave de la primera y segunda aeronave de conformidad con la posición de la segunda aeronave y la posición de la primera aeronave; y una etapa para determinar si la identificación de la segunda aeronave corresponde a la identificación de un elemento de la formación; caracterizado por una etapa para suprimir al menos uno de los avisos de tráfico y avisos de resolución.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además:
- una etapa para el posicionamiento de la segunda aeronave con respecto a la primera aeronave sobre la base de

los datos de difusión.

16. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además:

- 5 una etapa para el procesamiento de los datos de difusión del ordenador TCAS en un ordenador de la misión; y  
una etapa para la transmisión de un resultado del procesamiento por el ordenador de misión.

10 17. El procedimiento de la reivindicación 16, en el que el resultado del procesamiento por el ordenador de la misión  
comprende un comando de dirección para mantener una separación entre la primera aeronave y la segunda  
aeronave.

18. El procedimiento de la reivindicación 16, en el que la identificación de la segunda aeronave comprende al menos  
una de una dirección en modo-s y una identificación del vuelo.

15 19. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además:

una etapa para alertar a un operador de la primera aeronave cuando un intruso penetra en un perímetro  
predefinido de la primera y segunda aeronaves que vuelan en formación.

20 20. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además:

una etapa para inhibir la transmisión de mensajes del sistema de baliza de radar de control de tráfico aéreo,  
cuando vuelan en formación.

25 21. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además:

una etapa para el cálculo de alcance objetivo, velocidad de alcance, altitud relativa, velocidad de altitud, y rumbo  
a partir de los datos de difusión recibidos para determinar si una aeronave intrusa se introduce en un espacio  
aéreo predefinido de la primera aeronave.

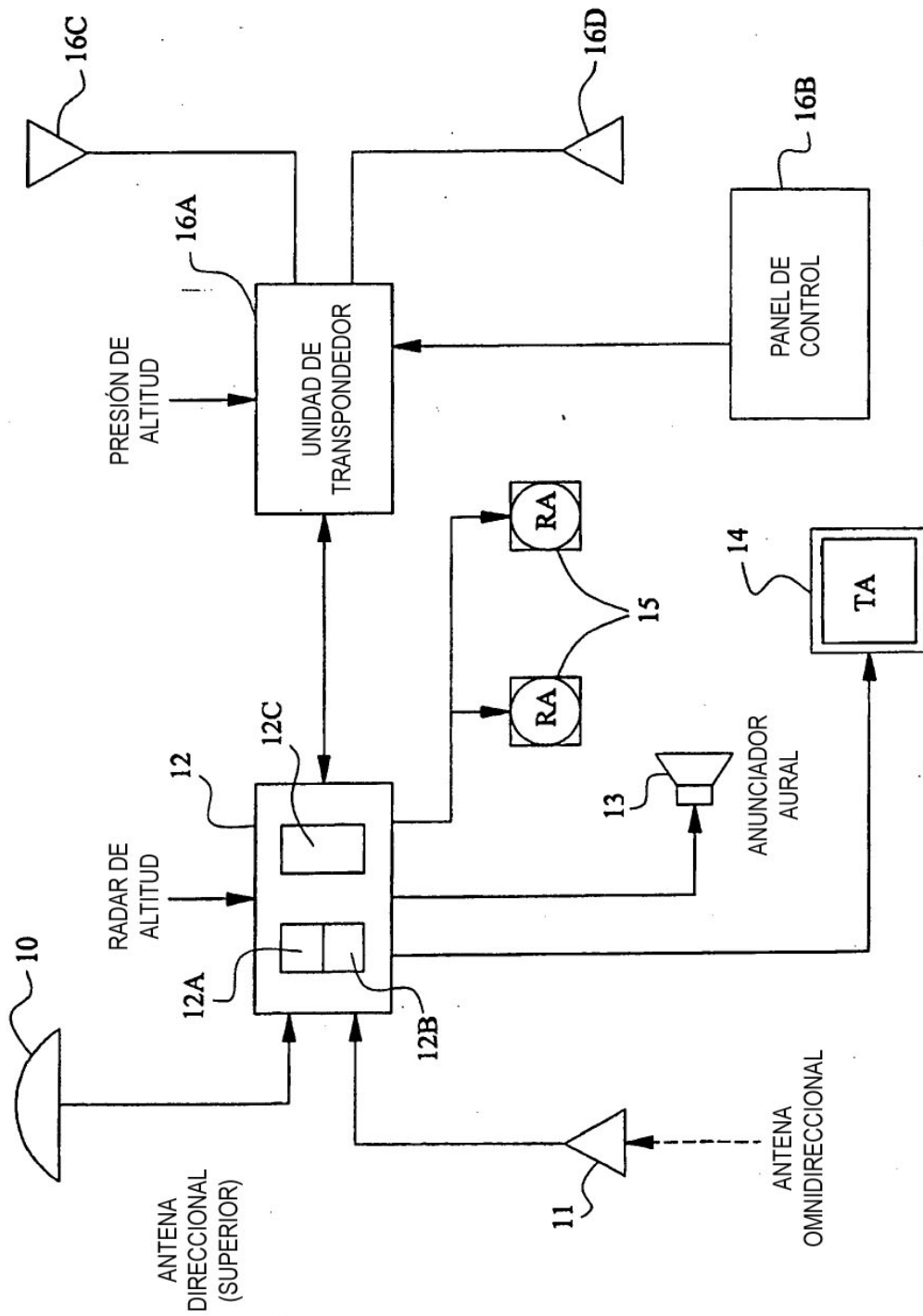
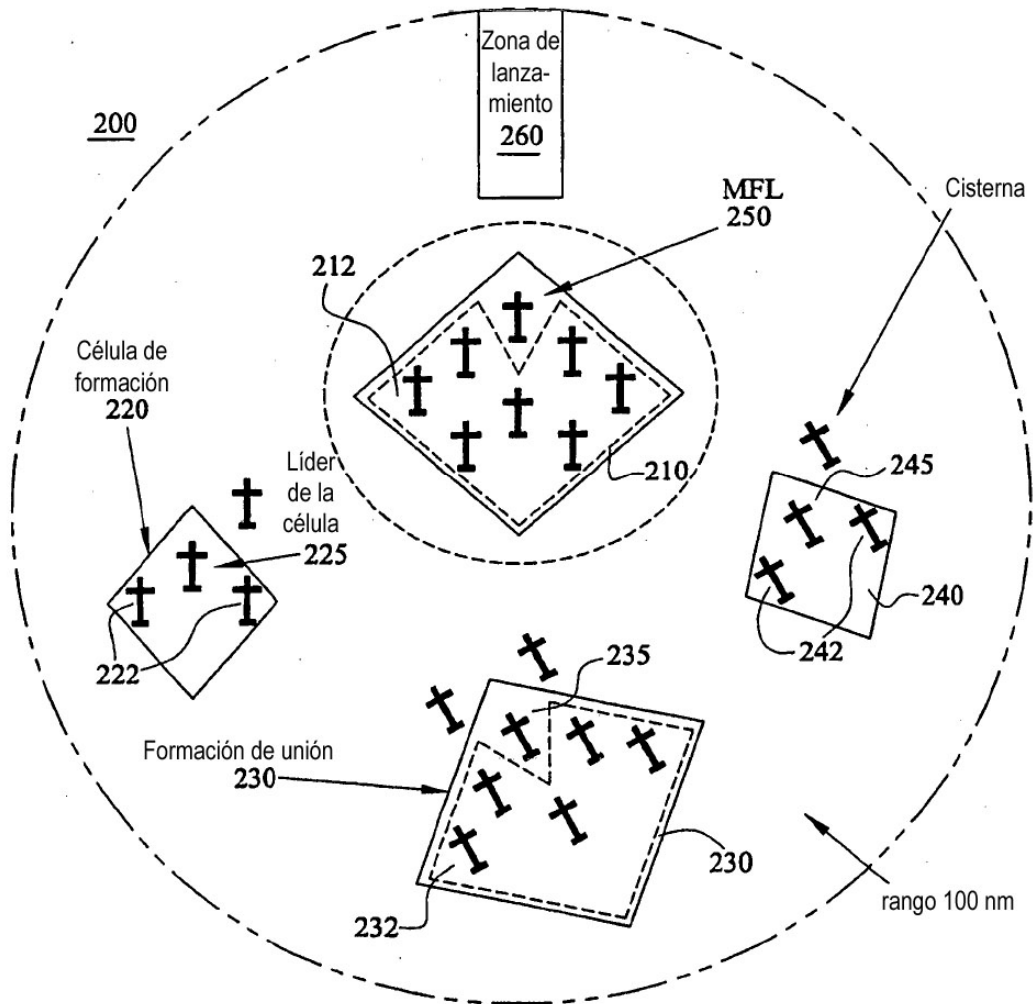


Fig. 1 (Técnica Anterior)



*Fig. 2*

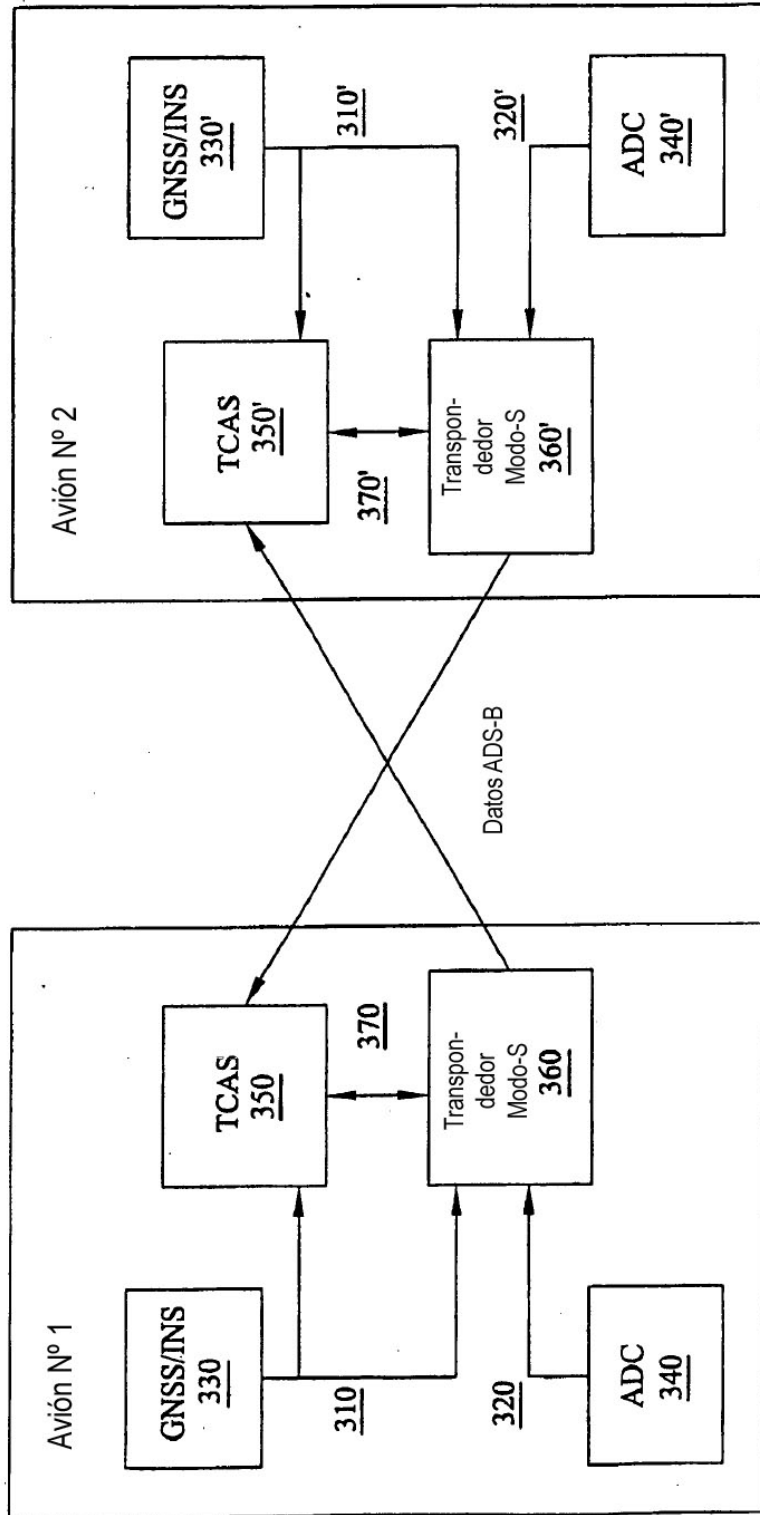


Fig. 3



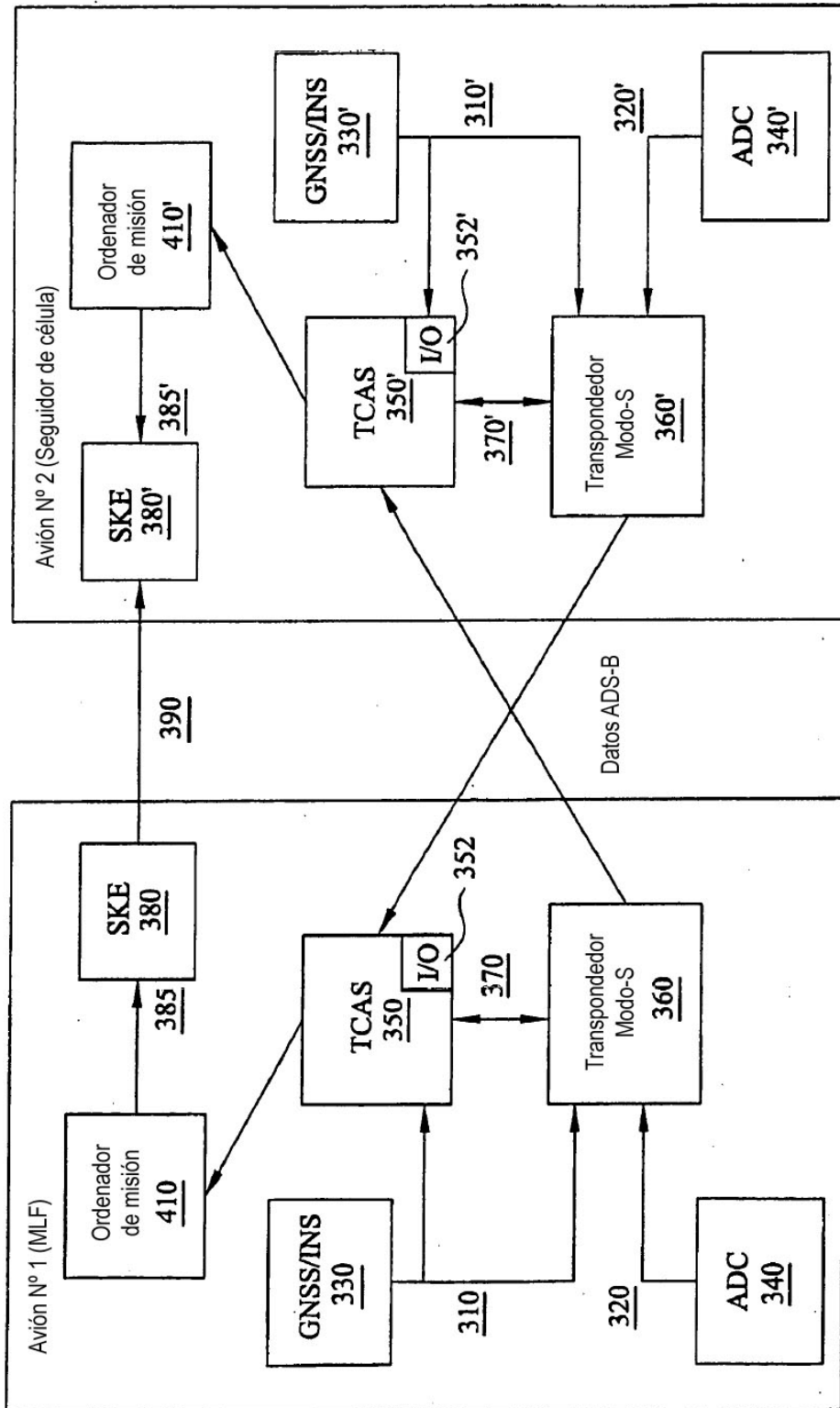


Fig. 4

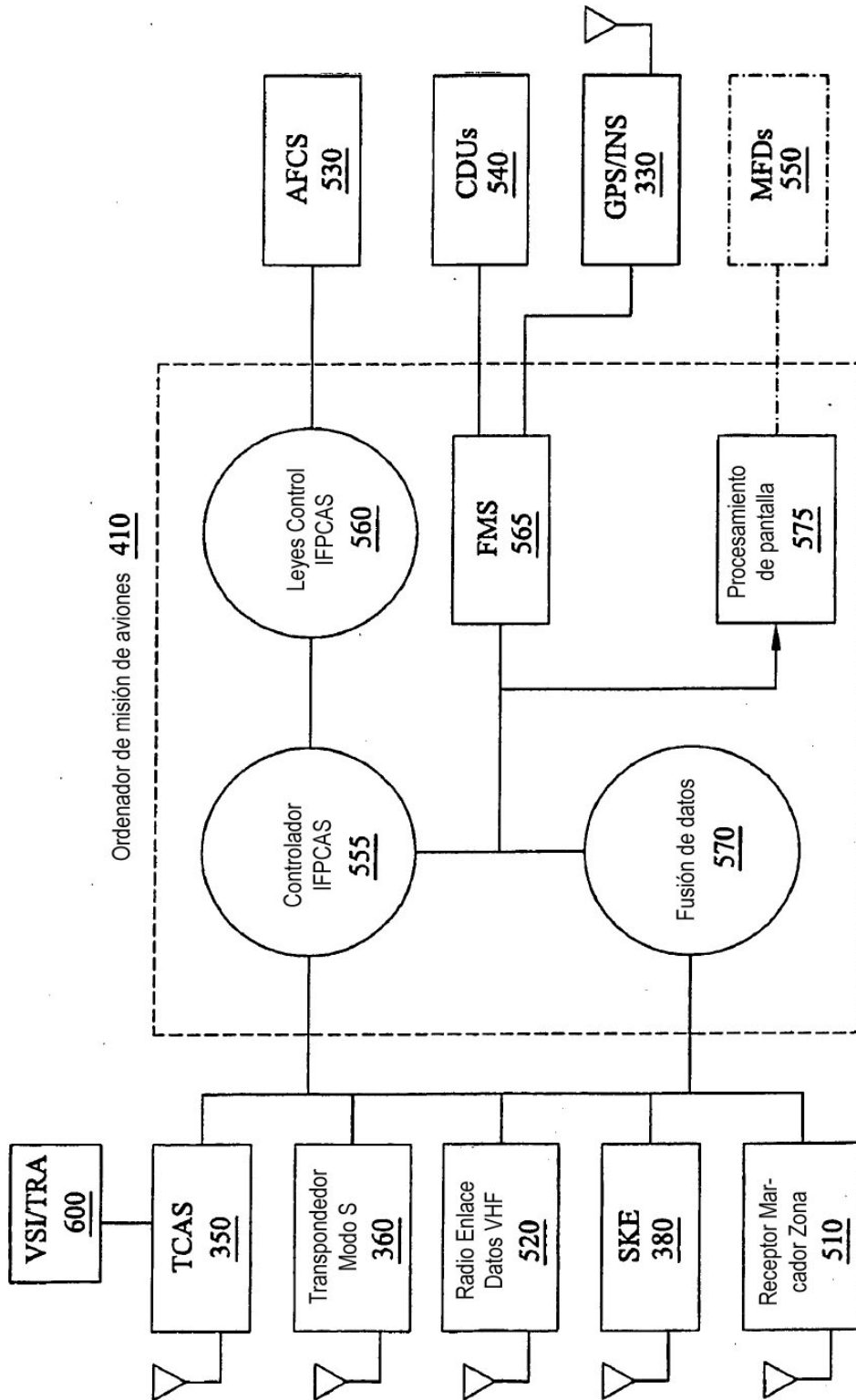
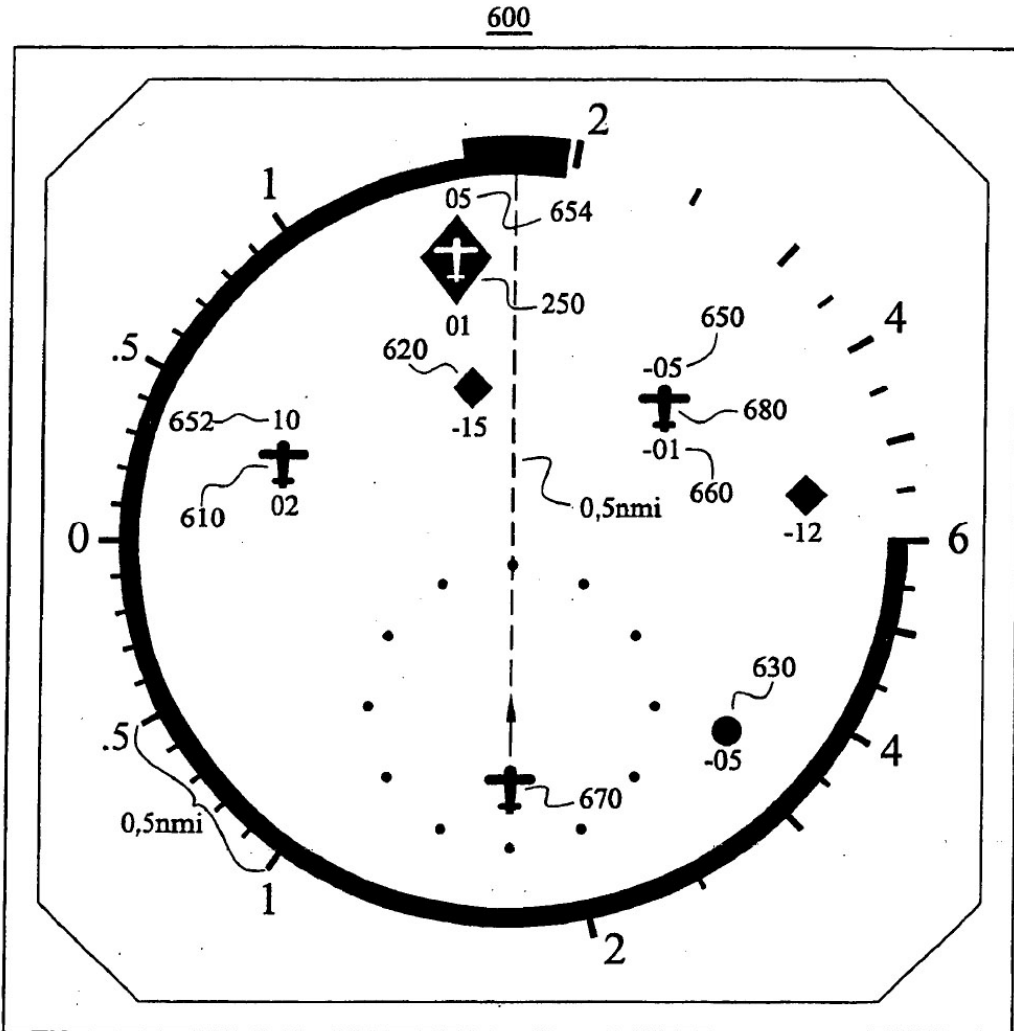


Fig. 5



*Fig. 6*