



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 084**

51 Int. Cl.:
G08G 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02750258 .2**

96 Fecha de presentación : **22.07.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1412931**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.04.2004**

54 Título: **Sistema y método de vigilancia y para evitar colisiones.**

30 Prioridad: **20.07.2001 US 909578**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.06.2011

73 Titular/es: **Aviation Communication & Surveillance
Systems, L.L.C.
19810 N. 7th Avenue
Phoenix, Arizona 85027-4400, US**

72 Inventor/es: **Stayton, Greg, T.;
Ybarra, Kathryn, W. y
Troxel, James, R.**

74 Agente: **Martín Santos, Victoria Sofía**

ES 2 362 084 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 de vigilancia y para evitar colisiones

5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a métodos y sistemas para evitar colisiones entre aviones; más particularmente, aunque no exclusivamente, la invención define un sistema de vigilancia y para evitar colisiones para múltiples aviones en una formación.

10

Actualmente, la mayoría de los aviones utilizan sistemas que proporcionan a los pilotos información para evitar colisiones potenciales en el aire y/o en tierra. Hay muchas variedades de sistemas para evitar colisiones (CAS) y sistemas de detección de conflictos en aviones que están dentro de la siguiente categoría general: (1) sistemas pasivos; y (2) sistemas activos. Los sistemas para evitar colisiones activos utilizan emisiones de transmisión desde

15

el avión para determinar información pertinente relativa a otro avión en la zona, y/o proporcionar su propia información relativa a otro avión en la zona. El sistema activo más extendido usado en Estados Unidos hoy en día es el Sistema de Alerta de Tráfico y para Evitar Colisiones o "TCAS". (TCAS se conoce internacionalmente como ACAS o Sistema para Evitar Colisiones en el Aire).

20

El TCAS ofrece a los pilotos de aviones privados, comerciales y militares información fiable para evitar colisiones potenciales con otro avión, y es obligatorio para aviones con una capacidad de treinta o más pasajeros. El TCAS es una familia de dispositivos aéreos que funcionan independientemente de los sistemas de Control de Tráfico Aéreo (ATC) con base en tierra. Desde la creación del TCAS, han evolucionado tres niveles de control diferentes: TCAS I, que está destinado a aviones para aviación local y general, y solo proporciona un aviso de proximidad, ayudando al

25

piloto a tomar contacto visual con el avión intruso; TCAS II, que está destinado a aerolíneas comerciales y aviones de negocios para proporcionar a los pilotos notificaciones de tráfico y resolución en el plano vertical; y TCAS III, que aún tiene que ser aprobado por la FAA, que proporcionará supuestamente notificaciones de resolución en el plano tanto horizontal como vertical. TCAS II se describe en el documento D0-185A proporcionado por RTCA, Inc.

30

El TCAS detecta la presencia de un avión cercano equipado con transpondedores que responden a las interrogaciones en Modo C o Modo S del ATCRBS. Cuando se detecta un avión cercano, el TCAS sigue y evalúa continuamente el potencial de este avión para colisionar con el avión propio.

35

Para vigilancia, las interrogaciones del TCAS se transmiten por un canal de interrogación (por ejemplo, a 1030 MHz) desde el avión equipado con TCAS a cualquier avión dentro del intervalo de la transmisión. La interrogación solicita una respuesta del avión equipado con el transpondedor dentro del intervalo de la transmisión para proporcionar su posición pertinente y/o información pretendida. El avión equipado con el transpondedor dentro del intervalo de la interrogación transmitida, responde por un canal de respuesta (por ejemplo, a 1090 MHz) proporcionando su información asociada. Esta información puede incluir altitud, posición, rumbo, velocidad aerodinámica, identificación del avión y otra información del avión dentro del intervalo para ayudar al TCAS en el seguimiento y evaluación de las posibilidades de colisión con aviones en el intervalo.

40

Básicamente, el TCAS es un sistema de vigilancia y un sistema para evitar colisiones. Para seguir aviones cercanos o "intrusos", y muestra un símbolo que representa un avión circundante en las pantallas de tráfico localizadas en la cabina. Los símbolos mostrados permiten a un piloto mantener conocimiento del número, tipo y posición de los aviones en las proximidades de su propio avión.

45

Para evitar colisiones, el TCAS predice el tiempo hasta el punto de aproximación más cercano (CPA) del intruso y una distancia de separación en el CPA, calculando el intervalo, velocidad de cierre, velocidad vertical y altitud. El TCAS proporciona la capacidad de seguir a otro avión dentro de un cierto intervalo, evaluando colisiones potenciales, presentando/anunciando notificaciones de tráfico (TA) y, dependiendo del tipo de sistema usado, (por ejemplo, TCAS II) recomendando una acción evasiva en el plano vertical para evitar potenciales colisiones, conocido también como Notificaciones de Resolución (RA).

50

Debe observarse que, en ciertas circunstancias, el avión puede no ser detectado por el TCAS, por ejemplo, un avión no equipado con transpondedores operativos no puede responder a las interrogaciones, un avión militar equipado con sistemas de identificación de amigos o enemigos (IFF) que funciona en modo 4 no responde a las interrogaciones, y los aviones que pueden no oír las interrogaciones por unas razones u otras (por ejemplo, interferencias, están bajando el tren de aterrizaje cuando el intruso se está siguiendo solo con la antena inferior o interferencia limitante).

60

Las Administraciones de Aviación Federales (FAA) establecen directrices para las zonas de colisión, aviso y precaución, para implementación del TCAS II. Un volumen de espacio define estas áreas, y/o un tiempo tau (τ) para penetración en ese espacio, alrededor del avión equipado con TCAS. Los ejemplos de una zona de conexión 110,

- zona de aviso 115 y zona de precaución 150 de un avión 105 equipado con TCAS II se ilustran en las Figs. 1A (vista superior) y 1B (vista en perspectiva). Si el avión 120 que se aproxima penetra realmente en la zona de precaución 150 puede designarse como un intruso y puede emitirse una notificación de tráfico al piloto o tripulación del avión 105 equipado con TCAS. La TA puede consistir en un aviso audible y una pantalla visual que indica la distancia y el rumbo relativo del intruso 120. Si un intruso 122 penetra en la zona de aviso 115, puede emitirse una notificación de resolución a la tripulación o al piloto del avión 105 equipado con TCAS. La RA puede ser correctiva o preventiva, y puede consistir de instrucciones para ascender o descender a una velocidad vertical recomendada, o advertir al piloto de que no haga cambios en la velocidad vertical actual.
- 10 Las formas, dimensiones horizontal y vertical de las áreas respectivas son una función del intervalo y velocidad de cierre del avión 120 que se aproxima.

El dominio espacio-temporal para las interrogaciones del TCAS está limitado porque cada interrogación-respuesta tarda un cierto periodo de tiempo. Cuando varios aviones diferentes están interrogando en las mismas proximidades, la cantidad de respuestas del transpondedor puede saturar el espacio aéreo circundante y provocar problemas de seguimiento del ATC. Para superar este problema, el TCAS está diseñado con una lógica que, cuando un cierto número de aviones equipados con TCAS están dentro de una proximidad predeterminada entre sí, la potencia de salida y las interrogaciones del procesador se reducen. Esto se conoce como Interferencia Limitante. La reducción de la potencia de salida acorta eficazmente el intervalo de seguimiento del TCAS intruso. Las áreas de baja densidad de tráfico permiten un aumento de la potencia de transmisión, mientras que las áreas de alta densidad de tráfico (denominadas a menudo Áreas de Control Terminal "TCA") requieren una potencia de transmisión reducida. Por ejemplo, el TCAS de un avión que vuela sobre la parte occidental de Kansas puede tener un intervalo de interrogación de 80 mn (millas náuticas) o mayor, mientras que un avión que vuela cerca de Chicago puede reducir su intervalo de interrogación hasta 5 mn, con mayor margen de enlace. La reducción de la potencia de transmisión desde un área de baja densidad a un área de alta densidad puede ser como mucho de 10 dB. Esto se hace para reducir las interferencias RF entre otros aviones equipados con TCAS y para reducir las interferencias RF con las estaciones de seguimiento en tierra de ATC.

Ciertos aviones, típicamente aviones militares, con frecuencia vuelan en grupos de múltiples aviones, conocidos como formaciones. Ocurre un problema cuando todos los aviones en una formación dada son interrogados activamente con sus TCAS. En particular, el TCAS de los aviones en y fuera de la formación puede detectar una densidad aparentemente alta de aviones en un área de tráfico, debido a la formación y, de esta manera, reducir la potencia de transmisión de sus emisiones respectivas y reducir su sensibilidad de recepción para compensar la densidad percibida. Este tipo de ajuste de intervalo innecesario debido a una potencia de transmisión reducida y una sensibilidad del receptor reducida se denomina "Interferencia Limitante" y degrada la seguridad para evitar colisiones a niveles inaceptables (por ejemplo, el intervalo de interrogación disminuye significativamente en áreas donde el avión puede estar volando a altas velocidades). Incluso pequeñas formaciones de dos o tres aviones habilitados con TCAS pueden dar como resultado una Interferencia Limitante para aviones en la formación y fuera de la formación.

40 Honeywell (anteriormente Allied Signal) desarrolló un sistema para evitar colisiones diseñado para abordar específicamente insuficiencias en vuelo de una formación militar de TCAS convencionales; este sistema se conoce como TCAS Potenciado o "ETCAS". El ETCAS proporciona un medio para que los aviones militares vuelen en formación, ofreciendo una característica de tipo agrupación en sistemas para evitar colisiones que permitiría que el avión pudiera volar en una formación con otros aviones, sin generar RA y TA unos contra otros.

45 Sin embargo, el ETCAS también generaba una Interferencia Limitante significativa en aviones que no estaban en formación. La FAA y las agencias reguladoras civiles de otros países restringían severamente el uso de TCAS, incluyendo ETCAS, durante el vuelo en formación, debido a los problemas de Interferencia Limitante resultantes. En un memorando de la FAA y una licencia de Reino Unido, relacionada con la operación del ETCAS, con fecha 15 de noviembre de 1999 y 12 de octubre de 1999 respectivamente, básicamente requería que varios miembros en una formación volaran con sus TCAS desconectados, mientras que se permite que uno o unos pocos aviones en la formación tengan sus TCAS conectados. Esta restricción era perjudicial para el fin de los sistemas para evitar colisiones, puesto que muchos miembros de una formación no tienen indicación de amenazas de colisión potenciales entre ellos mismos y los aviones que no están en formación, así como amenazas de colisión potenciales entre otros miembros de la formación. Esta restricción en el uso del TCAS durante el vuelo de la formación básicamente negaba cualquier ventaja del ETCAS.

El diagrama de bloques de la Fig. 2 ilustra un ejemplo de Interferencia Limitante. Como se muestra, un grupo de aviones 210-215 están volando en una formación 200 mientras que el avión 220 equipado con TCAS se está aproximando a la formación 200. Las líneas onduladas que preceden a un avión en las Fig. 1-3 ilustran la transmisión de las emisiones de los TCAS.

Cuando el TCAS del avión 220 recibe las emisiones del TCAS (interrogaciones) del avión 210-214 en un intervalo de perímetro 260, y los seguimientos de intrusos se forman en los aviones 210-214 dentro del TCAS del avión 220, la

alta densidad percibida de intrusos 210-214 por el TCAS del avión 220 puede dar como resultado un ajuste automático por el TCAS del avión 220 a un intervalo de vigilancia reducido. (La reducción en el número y la potencia de las emisiones del TCAS es gradual y no la realiza necesariamente un piloto o la tripulación del vuelo). Un ejemplo del intervalo de vigilancia acortado se muestra en la Fig. 2 mediante un perímetro reducido 261. El acortamiento del intervalo de vigilancia 261 puede ser peligroso para un avión que vuela a altas velocidades, puesto que el tiempo de aviso y el tiempo para actuar tras una notificación de resolución pueden reducirse significativamente.

Actualmente, según los requisitos de la FAA y otras diversas autoridades de vuelo en diversos países, solo se permite que uno o unos pocos aviones en una formación tengan un TCAS interrogando activamente (denominado en este documento como "TCAS activo"). Si todos los miembros en una formación no están interrogando, pueden surgir problemas de seguridad significativos. Es decir, los miembros de la formación que no estén interrogando no serán conscientes de las amenazas de colisión potenciales entre sí mismos y con aviones que se aproximan que no están en la formación, porque su TCAS respectivo está desconectado. Los miembros de la formación que no están interrogando tampoco tendrán un aviso de sus TCAS respectivos de colisiones potenciales con otros miembros de la formación.

Sumario de la invención

La presente invención elimina sustancialmente uno o más de los problemas asociados con la técnica anterior, proporcionando vigilancia del tráfico aéreo e información para evitar colisiones a cada avión en una formación de múltiples aviones. Esto se consigue mediante una información de vigilancia en red a través de un enlace de comunicaciones entre el avión en la formación que tiene sistemas activos y el avión en la formación que tiene sistemas pasivos. Al menos un miembro de la formación que está interrogando activamente comunica la información de vigilancia a través de una red a los miembros no interrogantes de la formación. La información de vigilancia en red se proporciona para: (i) evitar colisiones entre los aviones de la formación y los aviones que no están en la formación; (ii) evitar colisiones entre los aviones miembros de una formación; y (iii) evitar colisiones entre los aviones en una formación y entre aviones en la formación y aviones que no están en la formación. Los métodos, sistemas y aparatos de la presente invención permiten también que un avión que no está en la formación ATC cercano y otro avión en la formación, se muestren en las pantallas de tráfico de los miembros de la formación que tienen sistemas de vigilancia no interrogantes y para evitar colisiones.

Breve descripción del dibujo

Los aspectos y ventajas adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción de la invención con referencia los dibujos adjuntos, en los que las denominaciones similares denotan elementos similares y en los que:

Las FIGS. 1A y 1B ilustran vistas superior y en perspectiva, respectivamente, de zonas de precaución, aviso y colisión para un sistema para evitar colisiones de la técnica relacionada;

La FIG. 2 es un diagrama de bloques que ilustra la interferencia limitante resultante de un avión que vuela en una formación que está interrogando activamente con su TCAS;

Las FIGS. 3A y 3B ilustran una formación de aviones que utilizan sistemas y métodos para evitar colisiones en formación de acuerdo con una realización preferida de la invención;

La FIG. 4 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes de un sistema para evitar colisiones de una formación de acuerdo con una realización preferida de la invención;

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que detalla un método para evitar colisiones en formación de acuerdo con una realización preferida de la invención;

La FIG. 6 es un diagrama de bloques que ilustra los niveles de interrogación para el modo de vigilancia activa de acuerdo con una realización de la invención;

La FIG. 7 es un diagrama de bloques que ilustra un método para vigilancia pasiva de acuerdo con una realización de la invención; y

La FIG. 8 es un diagrama de bloques que ilustra un panel de control ejemplar para un sistema de vigilancia y para evitar colisiones de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Las realizaciones preferidas de la invención se describen a continuación con referencia al TCAS. Sin embargo, la presente invención no se limita a la implementación con sistemas TCAS, sino que puede aplicarse igualmente a otros tipos de sistemas de vigilancia y para evitar colisiones o a sistemas de gestión del tráfico aéreo. De acuerdo con ciertos aspectos de la presente invención se proporciona un sistema de vigilancia y para evitar colisiones que tiene un modo pasivo. Como se usa en este documento, "modo pasivo" significa que el sistema no está transmitiendo activamente emisiones del TCAS, pero que aún puede realizar el seguimiento y/o cálculos para evitar colisiones basándose en la información transmitida desde otro avión en la formación. Los sistemas de vigilancia y para evitar colisiones en modo pasivo no necesariamente impiden la transmisión de información SKE, ADS-B o "aleatoria". A la inversa, un sistema de vigilancia y para evitar colisiones en "modo activo" significa que el sistema está realizando de forma activa la vigilancia, transmitiendo interrogaciones para solicitar respuestas desde los transpondedores de los aviones cercanos. Los miembros de la formación que tienen sistemas en modo activo comunican la información de vigilancia a los miembros de la formación que tienen sistemas de modo pasivo, para proporcionar información relacionada con el tráfico aéreo/terrestre actual.

En una realización preferida de la invención, se establece una red de comunicaciones inalámbrica entre los miembros en una formación. Esta red podría ser cualquier medio de adecuado de información en red, incluyendo el uso de transmisiones aleatorias ADS-B extendidas. La red de comunicaciones inalámbrica posibilita que los miembros de la formación que tienen sistemas en modo activo y los miembros de la formación que tienen sistemas en modo pasivo compartan datos relacionados con el tráfico aéreo/terrestre actual y con amenazas de colisión potenciales. Como se muestra mediante los ejemplos en las Figs. 3A y 3B, el avión delantero 310 es el único miembro de la formación 300 que transmite interrogaciones (mostradas mediante líneas onduladas en la Fig. 3A) desde un sistema en modo activo; todos los demás miembros 311-315 de la formación 300 tienen sus sistemas respectivos en modo pasivo. Debería reconocerse que el número de miembros en la formación que tienen sistemas para evitar colisiones en modo activo es una función del tamaño global y el número de aviones en la formación y las restricciones impuestas por la FAA y otras autoridades.

Cuando el avión delantero 310 está transmitiendo interrogaciones activamente (Fig. 3B) o "interrogando" suponiendo que el avión 320 tiene algún tipo de transpondedor habilitado, el avión 310 recibirá una respuesta (Fig. 3B) desde el avión 320 como respuesta a la interrogación (el avión delantero puede recibir también respuestas desde los miembros de la formación circundantes 311-315 si los miembros de la formación no tienen sus transpondedores desconectados). La respuesta desde el avión 320 incluye la información posicional y otra información pertinente para el conocimiento de la situación del avión 320. La información adicional puede obtenerse de los aviones circundantes, sin necesidad de interrogaciones (por ejemplo, información aleatoria y ADS-B). Toda la información obtenida relacionada con el tráfico aéreo/terrestre circundante se denomina de forma colectiva en este documento "información de seguimiento" 34. La información de la respuesta 32 varía con el tipo de equipo y ajustes del sistema usado por el avión 320. Los tipos de transpondedores usados en cada avión pueden variar, por ejemplo, entre Modo-A, Modo-C (a menudo usado para aviones que solo utilizan los Sistemas Beacon de Radar para Control de Tráfico Áerero o ATCRBS) y transpondedores en Modo S. El transpondedor en Modo S "aleatorio" contiene la identificación y altitud de un avión en Modo S. La información sobre el tráfico aéreo circundante puede proporcionarse u obtenerse usando sistemas ADS-B (Emisión de Vigilancia Dependiente Automática).

La ADS-B es una transmisión automática y periódica de información de vuelo desde un avión que similar a la del transpondedor aleatorio en Modo S actual, pero que transporta más información. Los sistemas ADS-B típicamente están dependientes del sistema de posicionamiento global basado en satélite para determinar una localización precisa del avión en el espacio. Un avión equipado con ADS-B emite su información posicional y otros datos, incluyendo velocidad, altitud y si el avión está subiendo, descendiendo o girando, el tipo de avión y la ID del Vuelo (la ID del Vuelo es un identificador numérico y/o alfanumérico asignado de forma única para identificar a cada avión), con un código digital sobre una frecuencia discreta sin ser interrogado. Otros aviones y estaciones terrestres dentro de aproximadamente 150 millas reciben las emisiones y presentan la información en una pantalla (por ejemplo, la Pantalla de la Cabina de Información de Tráfico o "CDTI").

La información de seguimiento obtenida por el avión delantero 310 puede incluir la latitud, longitud, altitud, velocidad aerodinámica, identificación, velocidad en tierra e información pretendida para el conocimiento de la situación del avión 320.

El TCAS del avión delantero 310 puede usar esta información de seguimiento 34 para calcular, si fuera necesario, el intervalo, altitud relativa y rumbo relativo del avión 320 para determinar un tiempo hasta el cierre y amenaza de colisión potencial basándose en su propia información de vuelo. El TCAS del avión delantero 310 puede seguir también al avión 320 en su propia pantalla de tráfico, incluso cuando no existe una amenaza de colisión potencial.

La información de seguimiento en el avión 320 se comunica entonces desde el avión delantero 310 a través de la red inalámbrica 390 a los otros miembros de la formación 300. Los datos de posición 36 relacionados con el avión delantero 310 pueden comunicarse también a otros miembros de la formación 300 a través de la red inalámbrica 390. Aquellos miembros de la formación que tienen sus TCAS en modo pasivo (por ejemplo, 311-315) usan la información comunicada para mantener el conocimiento de la situación del avión ATC circundante, así como el conocimiento de la situación de otros miembros de la formación.

Los miembros de la formación también usan esta información comunicada para determinar las amenazas de colisión potenciales con otros aviones. Cada miembro de la formación 310-315 preferiblemente sigue a los otros miembros de la formación 300, intercambiando datos de posición e información de identificación de cada miembro de la formación. La emisión de información ADS-B, aleatoria en Modo S y SKE por los miembros en la formación puede usarse para este fin, dependiendo del equipo en cada avión de la formación. La información comunicada entre los miembros de la formación se denomina colectivamente en este documento como "información de vigilancia en red". Los miembros de la formación 300 pueden seguirse entre sí, así como a un avión ATC circundante usando la información de vigilancia en red. La información de vigilancia en red puede usarse también por los miembros de la formación para determinar si existe una amenaza de colisión potencial entre ellos mismos y el avión 320, entre ellos mismos y otros miembros de la formación y/o para el seguimiento de intrusos y/o miembros de la formación en sus pantallas de tráfico respectivas. Puede existir una amenaza de colisión potencial si el avión 320 entra en el perímetro de la zona de precaución de cualquiera de los miembros de la formación 310-315 (por ejemplo, el perímetro 150 ilustrado en la Fig. 1). Sin embargo, el intervalo de vigilancia del TCAS (tanto en modo activo como en modo pasivo), dependiendo de la funcionalidad y tipo de sistema usado, puede superar la zona de precaución mostrada en la Fig. 1.

El seguimiento pasivo y la determinación de las amenazas de colisión potenciales por los miembros de la formación que tienen TCAS en modo pasivo puede implicar determinar la posición de un miembro de la formación respecto al avión 310 de interrogación activa de la formación, y realizar los cálculos para evitar colisiones usando la posición relativa determinada y la información de vigilancia en red. Los miembros de la formación que tienen TCAS en modo pasivo pueden usar la información de vigilancia en red para mostrar el tráfico aéreo sin realizar ningún cálculo para evitar colisiones.

Si una amenaza de colisión potencial se determina por un TCAS en modo pasivo, están disponibles al menos tres opciones básicas: (1) el TCAS puede "despertar" automáticamente del modo pasivo al modo de vigilancia activa y empezar una vigilancia activa (por ejemplo, interrogación) por sí mismo; (2) el piloto o la tripulación del avión pueden ser alertados de que existe una amenaza de colisión potencial y el piloto o la tripulación pueden cambiar el TCAS del modo pasivo al modo activo si se desea; o (3) el TCAS puede continuar en modo pasivo aunque proporciona Notificaciones de Tráfico a la tripulación del vuelo, basándose en información de vigilancia en red actualizada del avión 320. Las RA pueden proporcionarse también mediante el TCAS en modo pasivo, aunque sin vigilancia activa, puede que no haya coordinación de las RA entre TCAS en modo pasivo y un TCAS intruso. Puede implementarse también cualquier combinación de las opciones anteriores.

La Fig. 4 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes de un sistema para evitar colisiones en formación de acuerdo con una realización preferida de la invención utilizando TCAS.

El sistema de la invención se implementa en un avión en formación para posibilitar seleccionar los miembros de la formación que vuelan con TCAS en modo de vigilancia activa mientras que otros miembros de la formación no transmiten interrogaciones (por ejemplo, modo pasivo). El sistema está configurado para transmitir información de vigilancia entre los miembros de la formación que tienen TCAS en modo activo y los miembros de la formación que tienen TCAS en modo pasivo para: (i) evitar colisiones entre los aviones en la formación y los aviones que no están en formación; (ii) evitar colisiones entre los miembros de aviones en una formación; y (iii) tanto (i) como (ii).

Los sistemas de vigilancia de formación y para evitar colisiones se proporcionan en cada avión que puede volar en una formación. El sistema 400 se implementa en un avión que puede interrogar de forma activa el tráfico aéreo circundante y generalmente incluye: (i) un procesador para evitar colisiones y un interrogador 410 para generar interrogaciones, procesar las respuestas a sus interrogaciones, generar información a presentar a un piloto y ejecutar algoritmos para evitar colisiones; (ii) un transpondedor 415 para recibir interrogaciones y transmitir respuestas; (iii) un receptor 430 de un sistema de posicionamiento global "GPS" para obtener información de la navegación actual; (iv) un transceptor 450 para establecer un enlace de comunicaciones para recibir/transmitir información de vigilancia en red; (v) una unidad de control para seleccionar la funcionalidad de los componentes respectivos; y (vi) una pantalla para visualizar y hacer el seguimiento local del tráfico aéreo y/o mostrar las TA/RA al piloto o la tripulación. Uno cualquiera de los componentes anteriores puede combinarse e implementarse como un solo componente.

El transpondedor 415 está configurado para comunicarse con el procesador/interrogador 410 de una manera tal que las interrogaciones se transmiten al tráfico aéreo circundante y las respuestas a las interrogaciones transmitidas

pueden recibirse en el procesador/interrogador 410 y viceversa en el transpondedor 415.

La información recibida en respuesta a las interrogaciones emitidas también se transmite a otros miembros en la formación a través del transceptor de datos 450 y su antena 451 respectiva. La información recibida en respuesta a las interrogaciones se procesa en 410 y cuando se compara entre su propio avión y la información de posición actual de otro avión (por ejemplo, proporcionada por el receptor de GPS 430 y otros instrumentos a bordo) pueden determinarse amenazas de colisión potenciales. La pantalla de tráfico 420 se actualiza por el procesador 410 para mostrar el tráfico aéreo circundante y/o proporcionar TA y RA al piloto.

El procesador/interrogador 410 puede ser cualquier dispositivo o combinación de dispositivos capaz de realizar las funciones descritas en este documento. En una realización preferida de la invención, el procesador/interrogador 410 es un sistema TCAS 2000, modificado o aumentado, disponible en Aviation Communications & Surveillance Systems (ACSS), una L-3 Communications & Thales Company, que incorpora el software de FAA "Cambio 7". El sistema TCAS 2000 incluye una unidad receptora/transmisora (R/T) RT 950/951 y una antena direccional superior 412 y antenas direccional inferior u omnidireccional 411. La unidad R/T realizar la vigilancia aeroespacial y el seguimiento de intrusos, genera simbología en la pantalla de tráfico, calcula la evaluación de amenazas y la resolución de amenaza de colisión y proporciona coordinación entre su propio avión y los aviones equipados con TCAS circundantes, para proporcionar RA sin conflicto. La unidad R/T calcula el rumbo de un intruso desde las antenas 411 y 412 que son, preferiblemente, antenas direccional superior/inferior-omnidireccional AT910, y determinan el intervalo por el lapso de tiempo entre la interrogación y la respuesta desde un intruso. En la realización preferida el procesador/interrogador 410 emite a una frecuencia de 1030 MHz y recibe respuestas a una frecuencia de 1090 MHz. En el modo activo, la unidad R/T proporciona información de vigilancia al transceptor 450 para transmitir a los miembros de la formación que tienen TCAS en modo pasivo. En el modo pasivo, la unidad R/T proporciona un medio de procesamiento para seguir el tráfico circundante y/o evaluar amenazas, basándose en la información de vigilancia en red recibida. El seguimiento y las evaluaciones de amenazas por la unidad R/T en modo pasivo también pueden estar basados en ADS-B u otra información aleatoria recibida independientemente del enlace de comunicaciones 390.

El transpondedor 415 es cualquier dispositivo o combinación de dispositivos capaz de recibir una interrogación desde otro avión o estación de seguimiento terrestre ATC, y transmitir una respuesta a la interrogación. Como se ha analizado anteriormente, las respuestas a las interrogaciones pueden incluir la latitud y longitud de la posición actual del avión, así como otra información que incluye su identificación (por ejemplo, abordaje en Modo-S 24 bits). En la realización preferida, el transpondedor 415 es un transpondedor XS-950 o XS-950S/I Militar Modo-S/IFF que tiene capacidades de interrogación basadas en tierra y en aire. El transpondedor 415 preferiblemente incluye una funcionalidad ADS-B e incluye las antenas omnidireccionales 416 y 417 ATC superior e inferior para transmitir/recibir información hacia/desde otros aviones o sistemas ATC basados en tierra. En la realización preferida, el transpondedor 415 transmite una frecuencia de 1090 MHz y recibe una frecuencia de 1030 MHz.

El receptor de GPS 430 puede ser cualquier dispositivo o dispositivos que proporcionan datos de navegación actuales al sistema 400. El receptor de GPS 430 está acoplado al transpondedor 415 para proporcionar coordenadas de latitud y longitud del avión para emitir y/o calcular las amenazas de colisión potenciales (por ejemplo, en modo pasivo para determinar una posición relativa respecto al avión delantero 310 que tiene TCAS activos).

El transceptor 450 proporciona la capa para información de vigilancia en red para otro avión en una formación. El transceptor 450 es preferiblemente un transceptor de RF que funciona a una frecuencia distinta de la de los canales de interrogación y respuesta del transpondedor/TCAS, típicamente 1030 MHz y 1090 MHz. Sin embargo, el transceptor 450 puede ser cualquier tipo de sistema de comunicación inalámbrica que funcione a cualquier intervalo de frecuencia. El transceptor de RF 450 está acoplado al procesador 410 para proporcionar datos de vigilancia en red recibidos desde otros miembros de la formación al procesador 410 o transmitir los mismos dependiendo de si el TCAS está en modo activo o en modo pasivo. El transceptor de RF 450 de la realización preferida establece el enlace de red 390 entre otro avión de la formación y transmite/recibe datos a través del enlace de red 390 utilizando la modulación del espectro ensanchado. El transceptor 450 incluye una antena 451 para transmitir y/o recibir la información de vigilancia en red. La antena 451 es preferiblemente una antena omnidireccional o direccional segmentada que está radiando sobre una frecuencia no ATC (por ejemplo, distinta de 1030 MHz y 1090 MHz).

Preferiblemente, el transceptor 450 está compuesto por el equipo que ya está presente en el avión. Por ejemplo, un avión militar configurado para volar en formaciones a menudo tiene un Equipo de Mantenimiento de Estación (SKE) usado para mantener los aviones en la posición de formación. El SKE usado en este tipo de avión militar, por ejemplo el C-130, comunica información de posición, intervalo y control entre los miembros de la formación para funciones tales como piloto automático. El transmisor/receptor SKE típicamente funciona a frecuencias entre 3,1 y 3,6 GHz, e incluye velocidades de transferencia de datos utilizables de 40 Kbps. El SKE existente está integrado con TCAS para información de vigilancia en red a través de los enlaces de comunicación SKE existentes entre los miembros de la formación (por ejemplo, el enlace red 390). Cuando se usa un avión equipado con SKE, la presente

invención puede implementarse proporcionando una actualización de software para el procesado 410 y proporcionando conectividad física entre el SKE y el procesador 410 y la unidad de control 440. En el caso de que un avión no tenga un SKE, un transceptor 450 separado o el uso de emisiones ADS-B a 1090 MHz de los datos de vigilancia del avión delantero activo facilita el enlace de red 390.

5

El transceptor 450 está conectado al procesador 410 usando cualquier tipo de barra de comunicaciones. En la realización preferida, el SKE-243a existente se usa y está conectado al procesador 410 usando dos barras en serie de doble cable cada una de las cuales proporciona comunicaciones en serie entre el procesador 410 y el SKE 450. Las barras que conectan el SKE al procesador por 410, así como la mayor parte de la conexión en el sistema 400

10

son preferiblemente barras de datos ARINC 429. La unidad de control 440 proporciona información al transpondedor 415 relacionada con los datos de visualización requeridos tales como altitud y velocidad, y controla la selección de funciones del transpondedor 415 (por ejemplo, modo transmisión y funciones de información), procesador 410 (por ejemplo, modo pasivo, modo activo), transceptor 450 y pantalla 420. La unidad de control 440 puede incluir también un procesador para procesar información fuera del procesador 410. En una realización preferida, la unidad de control 440 es un transpondedor ATC y la unidad de control TCAS está implementada como una unidad de visualización en la cabina multifunción que funciona por menús integrada o MCDU. Un panel de control L-3 o panel de control Gables puede servir también como unidad de control 440. La unidad de control 440 controla preferiblemente otros componentes del sistema sobre una barra de

15

20

datos MIL-STD 1533. La pantalla 420 es una o más unidades de visualización capaces de mostrar la posición del propio avión, mostrar posiciones de otros aviones cercanos (por ejemplo, otros miembros de la formación y tráfico ATC circundante) y/o muestra TA y RA generadas por los TCAS normalmente comparables con los protocolos de barra de visualización ARINC 735a. El procesador 410 proporciona información para evitar colisiones a la pantalla 420 localizada en la cabina del avión. La información para evitar colisiones proporcionada a la pantalla 420 puede incluir cualquiera de las informaciones mencionadas anteriormente relacionadas con el seguimiento del avión ATC y notificaciones, así como el seguimiento del avión en la formación. La información de visualización SKE u otra información que identifica y que sigue a los otros miembros de la formación pueden presentarse en la pantalla 420. Típicamente, el avión equipado con TCAS tiene dos pantallas, una pantalla de tráfico y una pantalla de RA. El bloque 420 en la Fig. 4

25

30

representa ambas pantallas de tráfico y RA, si están presentes en el sistema 400. El avión equipado con SKE normalmente tiene una pantalla diferente para presentar las posiciones de la formación. La pantalla 420, dependiendo del tipo de avión y configuración de la cabina, puede ser una pantalla tipo radar (incluyendo pantallas de radar meteorológicas compartidas), pantallas de mapas y/o navegación, una pantalla integrada en un panel plano, una pantalla SKE u otra pantalla multifuncional, por ejemplo un Sistema de Instrumentos de Vuelo Electrónicos (EIS) o una pantalla para el Sistema de Indicación de Motor y Alerta de Tripulación (EICAS) así como cualquier combinación de los anteriores. En una realización preferida, la información SKE y TCAS se presenta en una sola pantalla en un formato uniforme.

35

40

La Fig. 4 muestra también un segundo subsistema 480 en comunicación con el sistema 400 a través del enlace de red 390. El subsistema 480 representa un sistema para evitar colisiones en formación instalado en otro avión miembro de la formación. El sistema 480 está representado para recibir información de vigilancia en red desde los sistemas de interrogación activos, por ejemplo el sistema 400. El sistema 480 puede ser idéntico al sistema 400 o tener menos componentes si el sistema 480 no está transmitiendo interrogaciones. El sistema 480 incluye al menos: (i) un receptor o transceptor 482 para recibir información de vigilancia en red a través del enlace de red 390 desde otros miembros de la formación; (ii) un procesador 484 para procesar la información recibida por el transceptor 482; y (iii) una pantalla 486 para mostrar el tráfico circundante y/o proporcionar avisos que incluyen TA y RA generadas por el procesador 484, basándose en la información de vigilancia en red. Aunque no se muestra, el sistema 480 puede incluir también un transpondedor para responder a las interrogaciones de otros aviones, y un receptor de GPS para obtener información de navegación actual para proporcionar como respuesta a las interrogaciones y determinar una posición relativa a los miembros de la formación que están interrogando activamente. La posición relativa se compara con la de la información de vigilancia en red en el procesador 484 para determinar amenazas de colisión potenciales y seguimiento de otros aviones. Los componentes en el subsistema 480 pueden ser del mismo tipo del equipo que el descrito anteriormente con referencia al sistema 400. Por ejemplo, el transceptor 482 puede ser una unidad receptora/transmisora SKE ya existente en el avión.

45

50

55

Aunque anteriormente se han descrito componentes específicos con referencia a las realizaciones preferidas, el experto reconocerá que la presente invención podría implementarse en cualquier número de configuraciones de hardware y software, dependiendo del equipo disponible y la funcionalidad deseada. En consecuencia, los sistemas de la presente invención no están limitados a ninguna configuración específica analizada con referencia a las realizaciones preferidas.

60

Vigilancia y evitación de colisiones de un avión ATC

Un método para evitar colisiones entre el avión ATC y los miembros de la formación que tienen TCAS en modo pasivo se describirá con referencia a la Fig. 5. Como se usa en este documento, un avión ATC significa un avión que no es parte de la formación. Cuando múltiples aviones equipados con TCAS están volando en una formación, al menos un miembro de la formación está interrogando activamente a los aviones circundantes ("TCAS activo" o "TCAS en modo de vigilancia activa"), mientras que los miembros restantes de la formación no están interrogando ("TCAS pasivo" o "TCAS en modo pasivo"). La determinación y control de qué miembros en una formación tendrán TCAS activos y qué miembros de la formación tendrán TCAS pasivos puede configurarse automáticamente teniendo en consideración la posición de los miembros de la formación en la formación, una distancia entre los miembros en la formación y otros factores dinámicos. La determinación de qué miembros tendrán TCAS activos puede estar basada también en qué miembros están o, estarán, volando en posiciones delanteras y el tipo de equipo disponible en cada avión.

El miembro o miembros de la formación que están interrogando activamente usando sus TCAS obtienen información sobre el avión ATC 515 circundante mediante los protocolos de interrogación-respuesta. Cuando el miembro o miembros de la formación en interrogación activa obtienen una información de tráfico ATC nueva o actualizada (por ejemplo, respuestas o emisiones de los aviones circundantes), ésta se transmite a los miembros de la formación que tienen TCAS pasivos 520 a través del enlace de comunicaciones (por ejemplo, el enlace común 390).

Todos los miembros de la formación tienen, preferiblemente, un receptor del sistema de posicionamiento global (GPS) a bordo, que proporciona las coordenadas de latitud y longitud para su avión. Las coordenadas del miembro o miembros en la formación de interrogación activa pueden proporcionarse como parte de la información de vigilancia en red, de manera que los miembros de la formación que tienen TCAS pasivos pueden determinar su posición respecto a la del miembro o miembros de la formación en interrogación activa 525. Esta capacidad ya está disponible en un avión equipado con SKE. En un avión equipado con SKE, cada avión en una formación puede hacer un seguimiento continuo de su posición, velocidad, altitud y rumbo respecto a los otros miembros de la formación.

La información de posición e identificación de los miembros de la formación puede cambiarse también por la información ADS-B emitida desde los miembros de la formación, si están equipados así. Cada miembro de la formación que tiene TCAS pasivo puede determinar su propia posición relativa, velocidad, altitud y velocidad vertical, y comparar esta información con la información de vigilancia en red en el avión ATC proporcionada por el miembro o miembros en la formación que tienen TCAS activos. Mediante esta comparación, un miembro de la formación que tiene su TCAS en modo pasivo puede determinar si existe una amenaza de colisión potencial con el avión ATC 535. En esta realización, puede existir una amenaza potencialmente cuando el TCAS determina que puede ocurrir una colisión potencial, o casi una colisión, entre el miembro de la formación que tiene TCAS pasivo y un avión que no está en la formación en el entorno de ATC. Esto se denomina "amenaza de colisión ATC".

Si no existe una amenaza de colisión ATC potencial, la pantalla de tráfico en el miembro de la formación que tiene TCAS en modo pasivo se actualiza en 550 para reflejar el avión ATC circundante, basándose en la información de vigilancia en red y su propia posición relativa 550. El TCAS en modo pasivo continúa hasta obtener información de vigilancia en red a través del enlace de comunicaciones y los pasos 520-535 pueden repetirse continuamente.

Si el TCAS pasivo determina que existe una amenaza de colisión ATC potencial, son posibles varias opciones, dependiendo de los ajustes del TCAS. Por ejemplo, el TCAS pasivo puede proporcionar TA/RA u otra información de aviso para posibilitar a un piloto el conocimiento y/o resolución de las amenazas de colisión ATC potenciales. Debe observarse que las RA generadas por un TCAS en modo pasivo podrían no estar coordinadas con las RA del tráfico ATC que se aproxima sin transmitir activamente las señales. En consecuencia, para las RA, se recomienda que el TCAS se cambie al modo vigilancia activa para que ocurra dicha coordinación. El piloto es consciente de la amenaza de colisión ATC potencial 540 y el sistema puede permanecer en modo pasivo o el sistema, automáticamente o por iniciativa del piloto, puede cambiarse al modo vigilancia activa (es decir, empieza a transmitir interrogaciones) 548.

Si el sistema permanece en modo pasivo 545, la pantalla de tráfico se actualiza basándose en los datos de vigilancia en red y la posición relativa calculada 550.

En la Fig. 6 se ilustra un ejemplo de modo de vigilancia activa y puede incluir dos niveles diferentes de interrogación, como se muestra en la Fig. 6: (1) vigilancia TCAS II 610 (por ejemplo, vigilancia D0-185A); y (2) vigilancia de alta densidad 620 (por ejemplo, niveles de potencia TCAS I).

Se usa vigilancia TCAS II 610: (i) cuando el TCAS de un miembro de la formación se ajusta para interrogar activamente a un avión ATC para proporcionar información de vigilancia en red a los miembros de la formación que tienen TCAS pasivos (por ejemplo, el TCAS se ajusta al modo delantero de la formación o modo normal); (ii) cuando

las RA son detectadas por TCAS activos y pasivos en la formación (esto se hace para permitir la coordinación de las RA entre el avión ATC y los miembros de la formación); y (iii) cuando cualquier TCAS en modo vigilancia activa está en un entorno ATC de baja densidad.

- 5 La vigilancia de alta densidad 620 se usa cuando los miembros de la formación que tienen TCAS en modo pasivo cambian a modo de vigilancia activa en un entorno ATC de alta densidad, y no se han generado RA (por ejemplo, el TCAS se ajusta a un modo de miembro de la formación). Es preferible que los TCAS respectivos de los miembros de la formación incluyan un modo de miembro de la formación en el que los algoritmos para evitar colisiones se distinguen entre los miembros de la formación circundantes y el tráfico ATC. Esto es para evitar que se generen TA y RA contra otros miembros de la formación cuando un miembro de la formación está en un modo activo o para cambiar los TCAS al modo activo.

- 15 La determinación de una amenaza de colisión ATC potencial 535 ocurre cuando se supera un umbral de altitud y un intervalo de un intruso o cuando se supera un tiempo hasta el cierre en altitud o intervalo del intruso basándose en la información de vigilancia en red. Este umbral se determina variablemente en el procesador 410, 484 basándose en factores que incluyen la velocidad actual, altitud y velocidad vertical del miembro en formación que tiene TCAS en modo pasivo. Un escenario ejemplar para este valor umbral podría incluir el valor umbral de TA D0-185A de 260 m (850 pies) de altitud y un tiempo de penetración en el intervalo de 1 mn en 45 segundos.

- 20 El aviso de una amenaza de colisión ATC potencial proporcionada al piloto o la tripulación del vuelo 540 puede ser un aviso audible y/o visual que proporciona datos relacionados con el avión ATC que pueden ser una amenaza. Estos datos pueden incluir, aunque sin limitación, un tiempo de cierre estimado del avión ATC y/o una distancia al avión ATC.

- 25 Cuando un TCAS pasivo de un miembro de la formación detecta una RA, el TCAS se cambia preferiblemente al modo de vigilancia activa, de manera que las RA pueden coordinarse entre los miembros individuales de la formación, si fuera necesario, y entre los miembros de la formación y el avión ATC.

- 30 Los algoritmos para evitar colisiones del TCAS de cada miembro de la formación preferiblemente siguen la identificación y posición de cada avión en la formación usando datos SKE intercambiados a través de un enlace de comunicaciones inalámbrico o usando información ADS-B. Esto es deseable para evitar que el TCAS de un miembro de la formación genere una RA para evitar una colisión con un avión ATC que está en conflicto con las trayectorias de vuelo de otros miembros de la formación. El seguimiento de los miembros de la formación también es importante para evitar que se generen RA contra otros miembros de la formación, como se ha analizado anteriormente.

35 Vigilancia y evitación de colisiones entre los miembros de una formación

- Actualmente, el SKE solo puede proporcionar vigilancia en un avión SKE equipado análogamente. Como se ha descrito anteriormente, un enlace de comunicaciones (por ejemplo, un enlace SKE) puede combinarse con el TCAS para proporcionar a los miembros que tienen TCAS en modo pasivo, la capacidad de seguir y realizar cálculos para evitar las colisiones en aviones ATC circundantes.

- En otra realización de la presente invención, la información de vigilancia en red puede usarse no solo para controlar el avión ATC, sino también para controlar otros aviones en la formación.

- 45 El avión de la formación puede tener sistemas SKE o ADS-B para lograr este objetivo. Además de controlar el avión ATC, los métodos y sistemas de vigilancia y para evitar colisiones en esta realización, poseen información SKE y ADS-B disponible para seguir continuamente a otros miembros de la formación en la misma pantalla de tráfico que el avión ATC que se está siguiendo. Esta información puede usarse también para determinar si existen amenazas de colisión potenciales entre miembros de la formación (amenazas de colisión potenciales en la formación).

- Las amenazas de colisión potenciales entre miembros de la formación preferiblemente generan una alerta de equivocación en lugar de una Notificación de Resolución. Las alertas de equivocación son indicios de audio y/o video que informan al piloto de un avión de la formación cuándo la colisión potencial con otro avión de la formación es posible o probable.

- Puede haber dos tipos de alertas de equivocación: (1) una alerta de equivocación por proximidad; y (2) una alerta de equivocación por aceleración. Una alerta de equivocación por proximidad ocurre cuando se alcanza una distancia de umbral mínima (N_{th}) entre dos miembros de la formación (por ejemplo, la distancia a otro miembro en la formación es $< (N_{th})$ en m (pies)) o cuando se alcanza un tiempo de penetración Tau (τ) de una distancia umbral mínima (por ejemplo, el tiempo hasta que otro miembro en la formación alcanza la distancia umbral $< (\tau)$). Un ejemplo para (N_{th}) y (τ) es 305 m (1000 pies) y 30 segundos a 305 m (1000 pies), respectivamente.

Una alerta de equivocación por aceleración ocurre cuando la aceleración relativa de un miembro de la formación, a una cierta distancia de otro miembro de la formación, supera una cierta cantidad (g_b). Por ejemplo, dos miembros de la formación a 305 m (1000 pies) uno de otro pueden tener un límite de aceleración umbral (g_b) de 0,3 g. Esto significa que cuando una aceleración del primer miembro de la formación es mayor de 0,3 g respecto a la

5 aceleración del segundo miembro en la formación que está a 305 m (1000 pies) del primer miembro de la formación, una alerta de equivocación por aceleración informará a los pilotos del primer y segundo aviones del daño potencial.

10 Cuando cualquiera de estas alertas de equivocación está presente, los pilotos del avión en formación preferiblemente toman medidas para resolver la amenaza de colisión potencial en la formación.

Un método preferido de vigilancia y para evitar colisiones en formación se describirá ahora con referencia a la Fig. 7. El método 700 ilustra la secuencia de operaciones para un sistema de vigilancia y para evitar colisiones en un modo pasivo, de acuerdo con una realización de la invención. El sistema en modo pasivo controla el avión ATC y otros miembros de la formación usando una combinación de la información disponible 710. Por ejemplo, el control del

15 avión ATC se realiza evaluando la información proporcionada por el enlace de comunicaciones (información de vigilancia en red) desde los miembros de la formación que tienen sistemas en modo activo. La información sobre el avión ATC circundante puede obtenerse también recibiendo información ADS-B del avión ATC circundante.

El control de otros miembros de la formación se realiza basándose en la información intercambiada con el enlace de comunicaciones entre los miembros de la formación (por ejemplo, información SKE). La recepción de la información ADS-B emitida por el avión de la formación que está equipado de esta manera puede usarse también para controlar a otros miembros de la formación. Si un miembro de la formación no tiene SKE o ADS-B, este miembro de la formación puede proporcionar su información de posición e identificación como respuesta a las interrogaciones desde el miembro de formación en modo activo. Esta información puede comunicarse entonces a otros miembros de

20 la formación en modo pasivo, usando el enlace de comunicaciones.

Los sistemas de vigilancia y para evitar colisiones en modo pasivo actualizan las pantallas de tráfico de la cabina para presentar las condiciones de tráfico actuales 720 basándose en la información recibida anteriormente. El tráfico presentado preferiblemente incluye la identificación del avión circundante (por ejemplo, distingue entre miembros de la formación y avión ATC), las posiciones respectivas del avión circundante y otra información que indica las características dinámicas del avión circundante (por ejemplo, altitud, velocidad vertical, etc.).

30

Los sistemas en modo pasivo detectan también si está presente cualquier notificación de tráfico o notificación de resolución, basándose en la información de vigilancia en red y/o información ADS-B recibida desde otro avión 730. Las TA y RA se indican a un piloto por medios visuales y/o auditivos. Si se detecta una TA o RA, el sistema puede cambiarse automática o manualmente para cambiar al modo de vigilancia activa 735. La vigilancia activa se realiza preferiblemente de acuerdo con el ejemplo mostrado en la Fig. 6. Una vez que el conflicto se ha resuelto, el sistema de vigilancia y para evitar colisiones puede volver a cambiarse al modo de vigilancia pasiva. Debe reconocerse que la pantalla de tráfico podría indicar TA y RA al piloto por cualquier indicio de visualización apropiado, incluyendo, por ejemplo, el color del símbolo mostrado en la pantalla de tráfico, una indicación de texto o una combinación de los mismos.

40

El sistema comprueba también las amenazas de colisión potenciales entre los miembros de la formación, basándose en la información recibida (por ejemplo, información de vigilancia en red y/o info ADS/B) 740. Si está presente una amenaza de colisión entre los miembros de la formación, una alerta de equivocación, preferiblemente del tipo analizado anteriormente, puede emitirse al piloto o a la tripulación del vuelo 745. El piloto resuelve la alerta de equivocación y el sistema continúa operando en modo pasivo. Aunque el método 700 se ilustra como un diagrama secuencial, el experto reconocerá que los pasos 710-745 pueden realizarse en cualquier secuencia, simultáneamente entre sí y/o más de uno durante la vigilancia pasiva. Por ejemplo, la actualización de la pantalla de tráfico 720 puede realizarse de forma continua y periódica a lo largo de la ejecución del método 700.

50

La Fig. 8 ilustra un diagrama de bloques de un panel de control ejemplar 840 para una unidad de control (por ejemplo, 440) para un sistema de vigilancia y para evitar colisiones que tiene las características descritas anteriormente. El selector de función 810 permite que un piloto ajuste el sistema para realizar las funciones deseadas (por ejemplo, proporcionar Notificaciones de Tráfico, Notificaciones de Tráfico y Notificaciones de Resolución, Reserva y Ensayo). El selector de modo 820 permite a un piloto seleccionar el modo de vuelo para volar. Por ejemplo, si el avión no es parte de una formación, el selector de modo 820 se lleva a la posición "DESACTIVADO"; y si el avión es parte de una formación, el selector de modo 820 se gira a las posiciones "ACTIVO" o "PASIVO". Aunque no se muestra, puede haber también una función "AUTO" que determina automáticamente el tipo de vigilancia que realizará el miembro de la formación. Si el selector de modo 820 se ajusta al modo PASIVO y, por ejemplo, se detecta una RA, el sistema aún puede comenzar la vigilancia activa incluso aunque permanezca cambiado al modo PASIVO. Como alternativa, el piloto puede cambiar manualmente al modo ACTIVO cuando notifica una RA.

60

Otras características se muestran en el panel de la unidad de control 840 (por ejemplo, los botones del selector de código del transpondedor 630, la ventana del código del transpondedor 632 y los interruptores de la pantalla de tráfico 634, 636 y 638) que son consistentes con un panel de control TCAS 2000/Transpondedor. Puesto que estas
5 características se conocen bien, no se describen en detalle aquí.

El sistema para evitar colisiones en formación de la presente invención puede combinarse eficazmente con las características de vuelo en formación del Sistema de Alerta de Tráfico Potenciada y Evitación de Colisiones (ETCAS) y particularmente del tipo descrito en la Solicitud de Patente de Estados Unidos SN 09/223.533 de Frazier
10 et al. El ETCAS proporciona dos modos de operación: un modo convencional, que es un TCAS II que implementa el software Cambio 7; y un modo en formación que permite que los operarios del avión localicen, identifiquen, se agrupen con y mantengan la formación en vuelo con otro avión que tiene una funcionalidad similar.

Cuando múltiples aviones están volando en una formación "cercana" y sus selectores de modo respectivos
15 están ajustados en el modo de formación pasivo o activo, y si un miembro de la formación encuentra una amenaza de colisión ATC potencial que genera una RA como respuesta a un avión ATC cercano, la coordinación de resolución puede ocurrir entre todos los aviones en la formación para generar una RA coordinada. Esto evita que los miembros de la formación generen una RA que es contradictoria con respecto a la trayectoria de vuelo de otros miembros de la formación. Los TCAS en el modo de formación activo o pasivo también evitan que los TCAS
20 respectivos traten a otros miembros de la formación como intrusos (por ejemplo, generando RA y TA unos contra otros, en lugar de alertas de equivocación).

A menos que sea contrario a la posibilidad física, los inventores prevén que los métodos y sistemas descritos en este documento: (i) pueden realizarse en cualquier secuencia y/o combinación; y (ii) los componentes de las
25 realizaciones respectivas pueden combinarse de cualquier manera.

Aunque se han descrito realizaciones preferidas de esta invención novedosa, son posibles muchas variaciones y modificaciones, y las realizaciones descritas en este documento no están limitadas por la descripción específica anterior, sino que en lugar de ello estarán limitadas únicamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.
30

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de vigilancia y para evitar colisiones en formación para una formación de múltiples aviones, que comprende:
- 5 - un transpondedor (415) para recibir interrogaciones y transmitir respuestas;
- un módulo de vigilancia y para evitar colisiones acoplado de forma comunicativa al transpondedor (415), comprendiendo el módulo un procesador para evitar colisiones y un interrogador (410) para generar interrogaciones, procesar respuestas a sus interrogaciones, generar información a presentar a un piloto y ejecutar algoritmos para evitar colisiones,
- 10 - un primer transceptor (450) acoplado al procesador para evitar colisiones y el interrogador (410), para establecer un enlace de comunicaciones para recibir/transmitir información de vigilancia en red, en el que esta información se comunica entre los miembros de la formación, y
- un segundo transceptor (482) para recibir información de vigilancia en red a través de un enlace de red (390) desde otros miembros de la formación,
- 15 en el que dicho módulo incluye al menos dos modos de operación:
- (i) un modo activo que posibilita que el primer transceptor (450) realice activamente la vigilancia transmitiendo interrogaciones para solicitar respuestas de los transpondedores de aviones cercanos, y
- (ii) un modo pasivo en el que el primer transceptor (450) no está realizando de forma activa la vigilancia transmitiendo interrogaciones para solicitar respuestas de los transpondedores de aviones cercanos, y durante el cual se realiza una vigilancia continua usando la información de vigilancia en red recibida por el transceptor (482).
- 20 (482).
2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una pantalla para presentar información en la pantalla de tráfico generada por el procesador (410).
- 25
3. El sistema de la reivindicación 2, en el que el procesador genera información en la pantalla de tráfico relacionada con el avión en formación y que no está en formación circundante.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que la pantalla comprende una unidad de visualización integrada que presenta, en formato visual, la información de la pantalla de tráfico relacionada con el avión en formación y que no está en formación, generada por el procesador.
- 30
5. El sistema de la reivindicación 1, en el que el primer transceptor funciona a una frecuencia diferente que el segundo transceptor.
- 35
6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el segundo transceptor comprende un transceptor del Equipo de Mantenimiento de Estación (SKE).
7. El sistema de la reivindicación 6, en el que el módulo comprende una unidad receptora/transmisora del Sistema de Alerta de Tráfico y para Evitar Colisiones (TCAS).
- 40
8. El sistema de la reivindicación 1, en el que procesador realiza cálculos para evitar colisiones basándose en la información recibida por el segundo transceptor.
9. El sistema de la reivindicación 1, en el que la información de vigilancia en red comprende datos relacionados con una identificación y posición del avión en formación y que no está en formación cercano.
- 45
10. El sistema de la reivindicación 9, en el que los datos comprenden al menos uno de datos SKE, datos de Emisión de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B) y datos de respuesta a la interrogación.
- 50
11. El sistema de la reivindicación 1, en el que el procesador (410) está configurado para generar
- una primera señal de alarma cuando se detecta una colisión potencial con un avión que no está en la formación, y
- una segunda señal de alarma cuando se detecta una colisión potencial con un avión en la formación.
- 55
12. Un método para realizar el seguimiento de un avión y evitar colisiones en una formación de múltiples aviones, que se realiza en el sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos un avión en la formación está interrogando y al menos un avión en la formación no está interrogando, comprendiendo el método:
- realizar vigilancia del tráfico interrogando al avión para obtener información de vigilancia en red respecto al avión cercano;
- 60 - transmitir la información de vigilancia en red del avión interrogante al avión que no interrogante; y
- determinar una amenaza de colisión potencial, por el avión no interrogante, basándose en la información de vigilancia en red transmitida.
13. El método de la reivindicación 12 en el que realizar la vigilancia del tráfico comprende enviar una señal de

interrogación a un avión en las proximidades, y recibir una respuesta desde un avión próximo.

14. El método de la reivindicación 12, en el que la transmisión comprende adicionalmente comunicar la información de navegación relacionada con una posición del avión interrogante, al avión no interrogante.

5

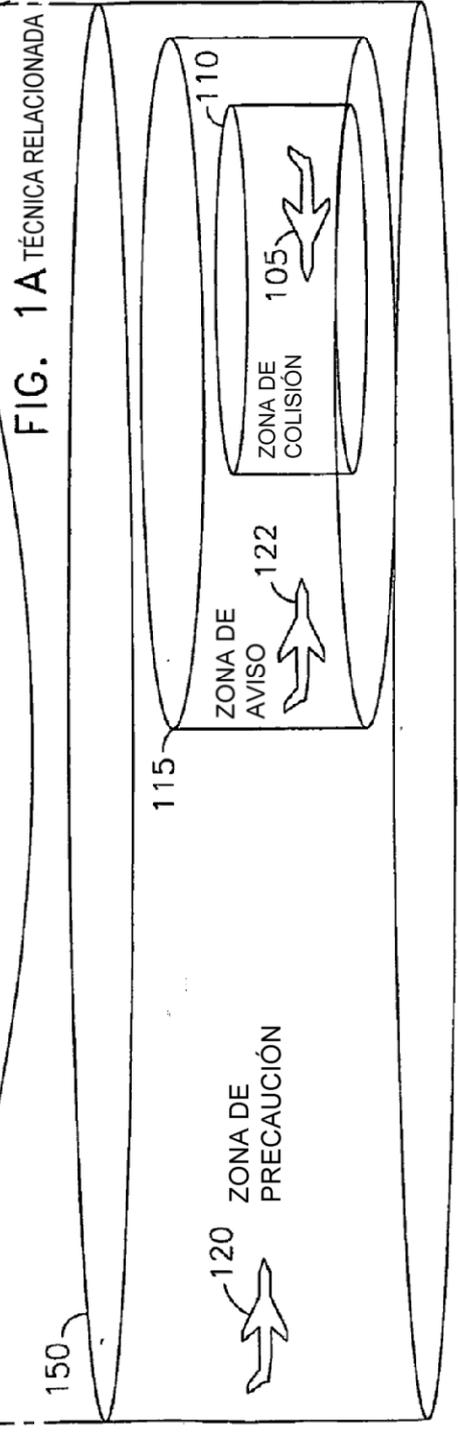
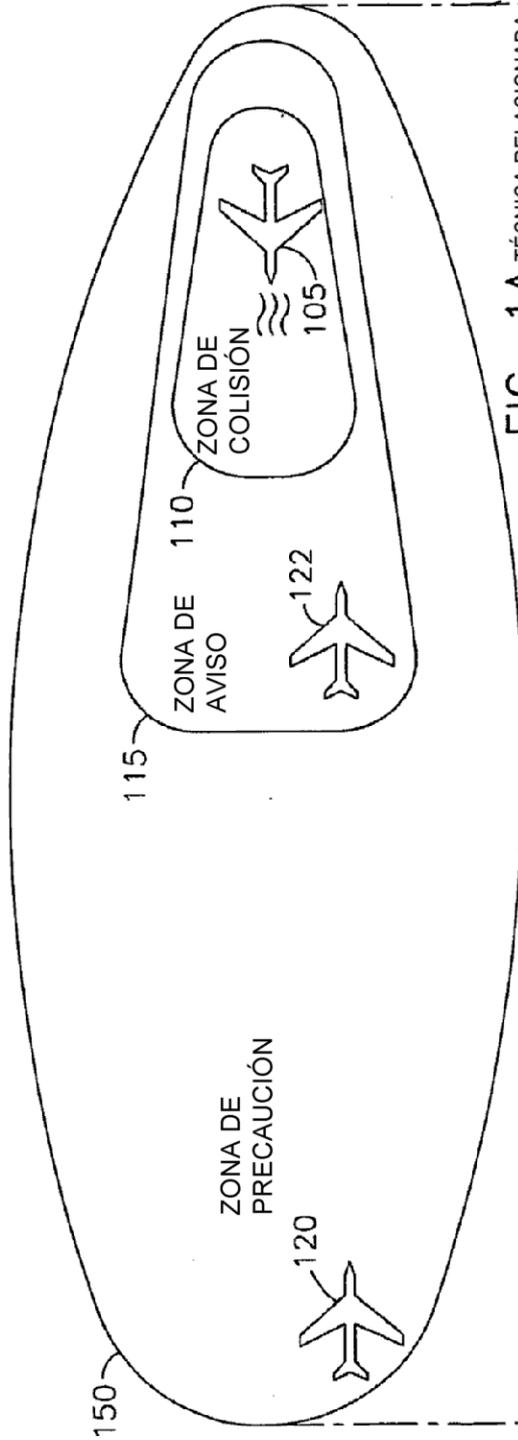
15. El método de la reivindicación 12, en el que la determinación de la amenaza de colisión potencial comprende:
- calcular una posición del avión no interrogante respecto al avión interrogante; y
- comparar la posición relativa calculada respecto a la información de vigilancia en red transmitida.

10 16. El método de la reivindicación 15, que comprende adicionalmente emitir un primer aviso cuando la amenaza de colisión potencial se determina para una colisión con un avión que no está en la formación, y emitir un segundo aviso cuando la amenaza de colisión potencial se determina para una colisión con un avión en la formación.

15 17. El método de la reivindicación 16, en el que el primer aviso comprende uno de una alerta de tráfico y una notificación de resolución y el segundo aviso comprende una alerta de equivocación.

18. El método de la reivindicación 17, en el que cuando el primer aviso es la notificación de resolución, el avión no interrogante empieza a interrogar.

20 19. El método de la reivindicación 12, en el que la información de vigilancia en red comprende al menos uno de datos SKE, datos de Emisión de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B) y datos de respuesta a interrogación.



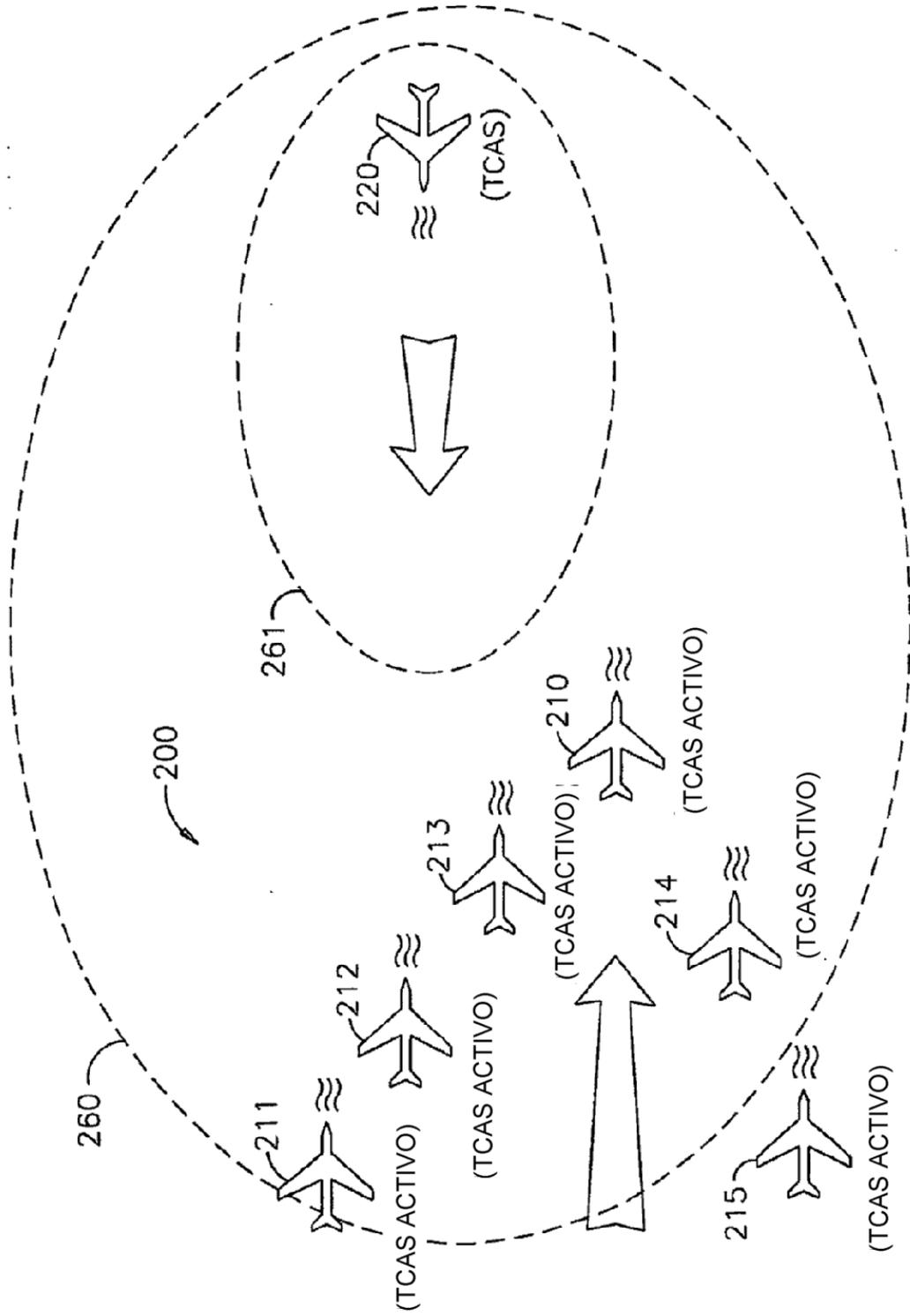


FIG. 2 TÉCNICA RELACIONADA

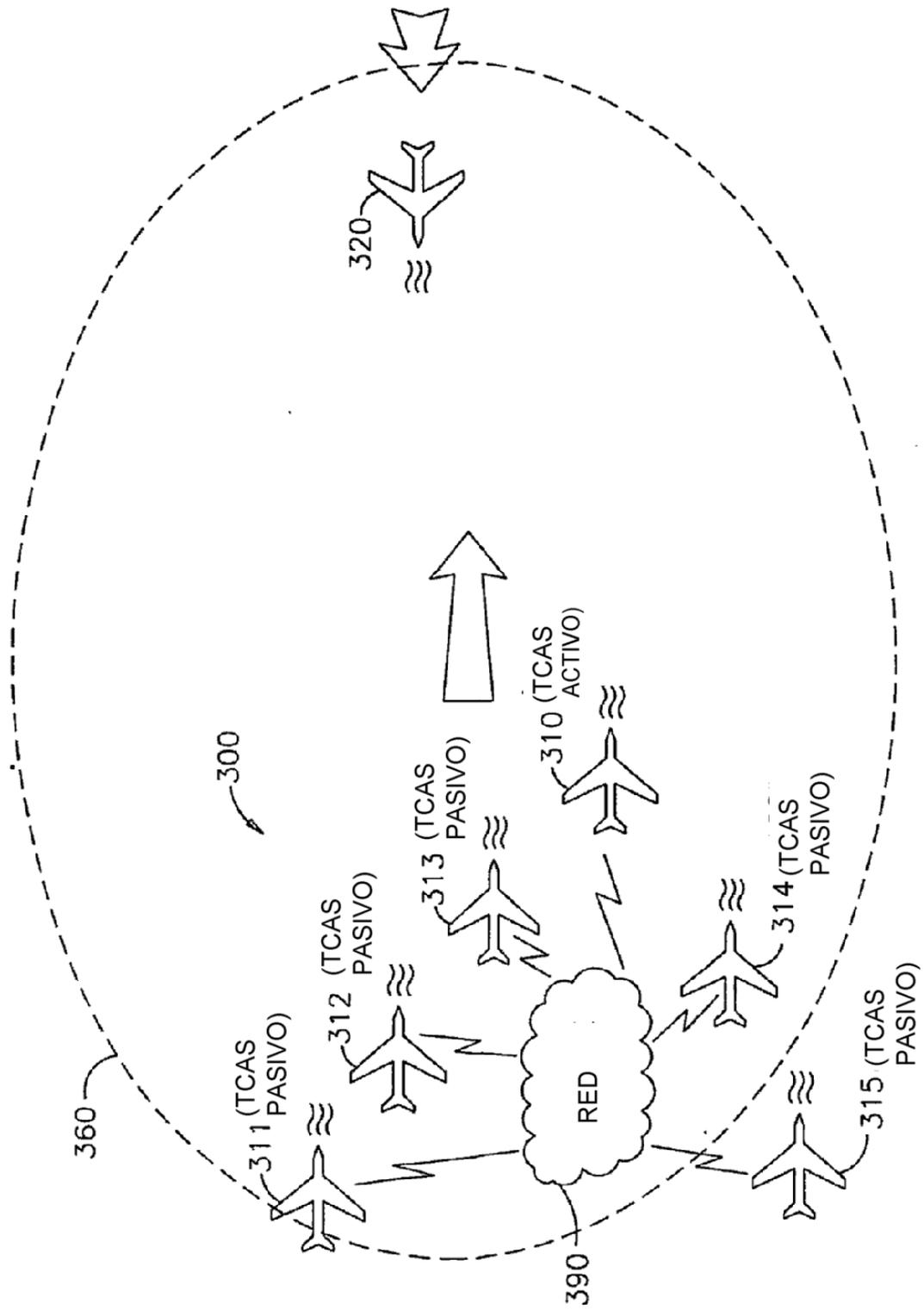


FIG. 3A

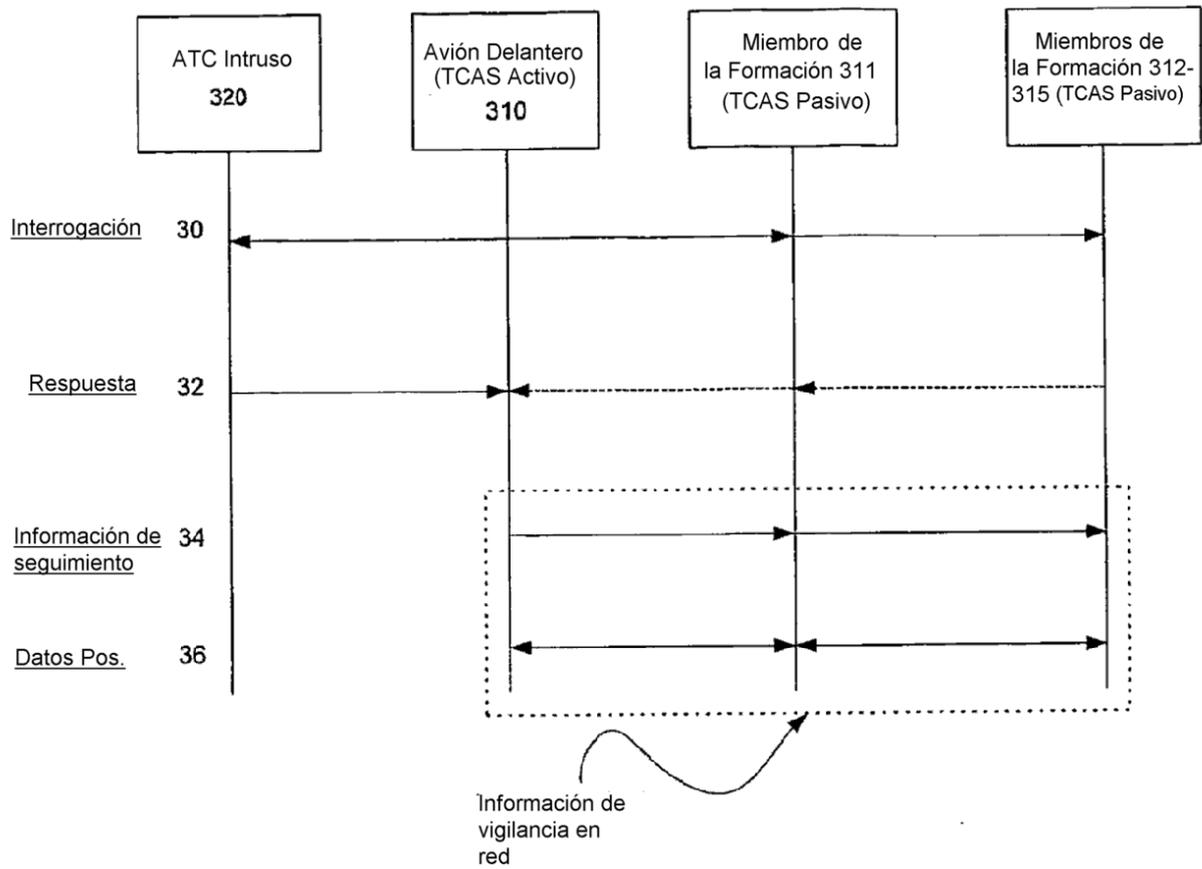


Fig. 3B

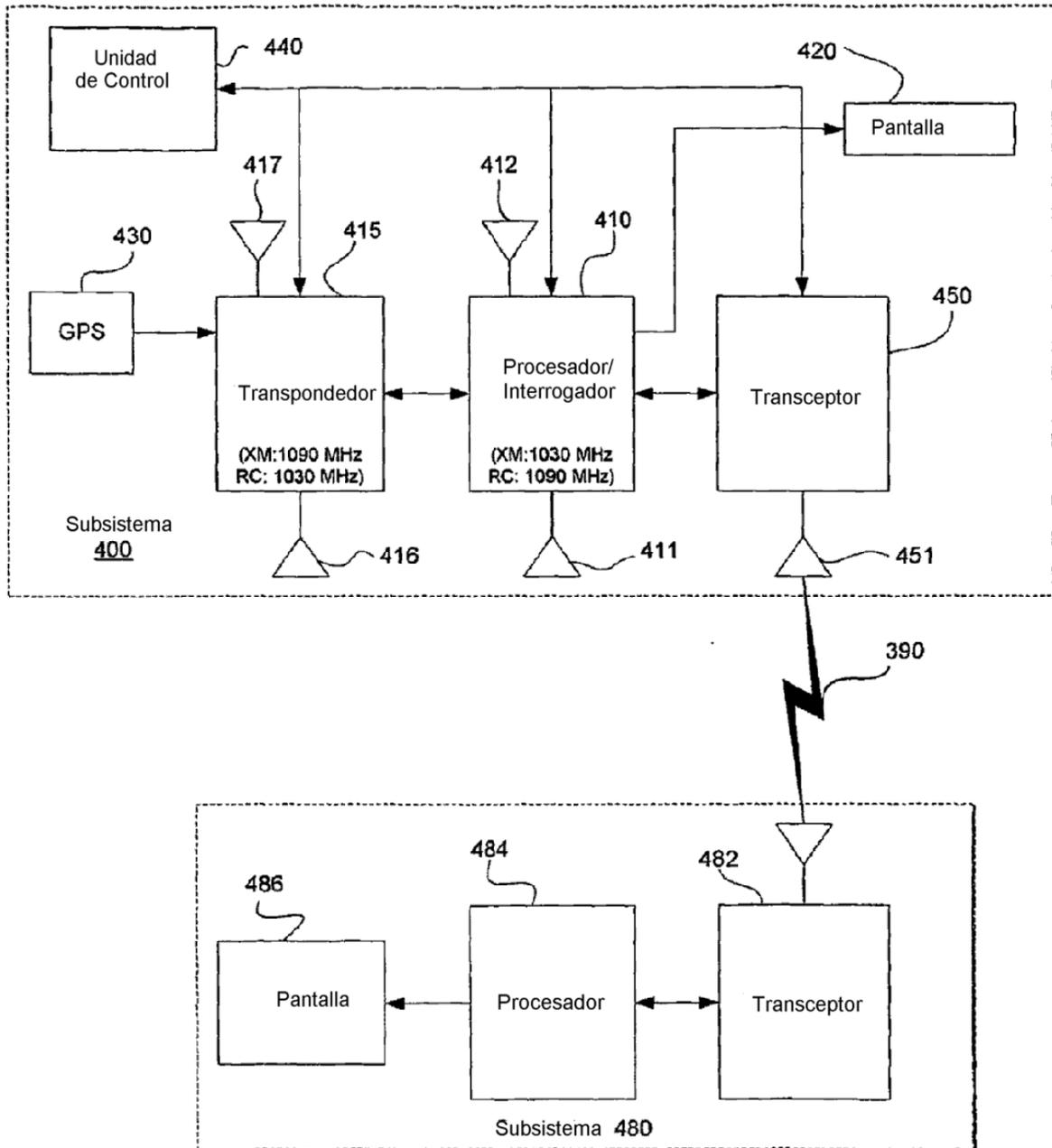


Fig. 4

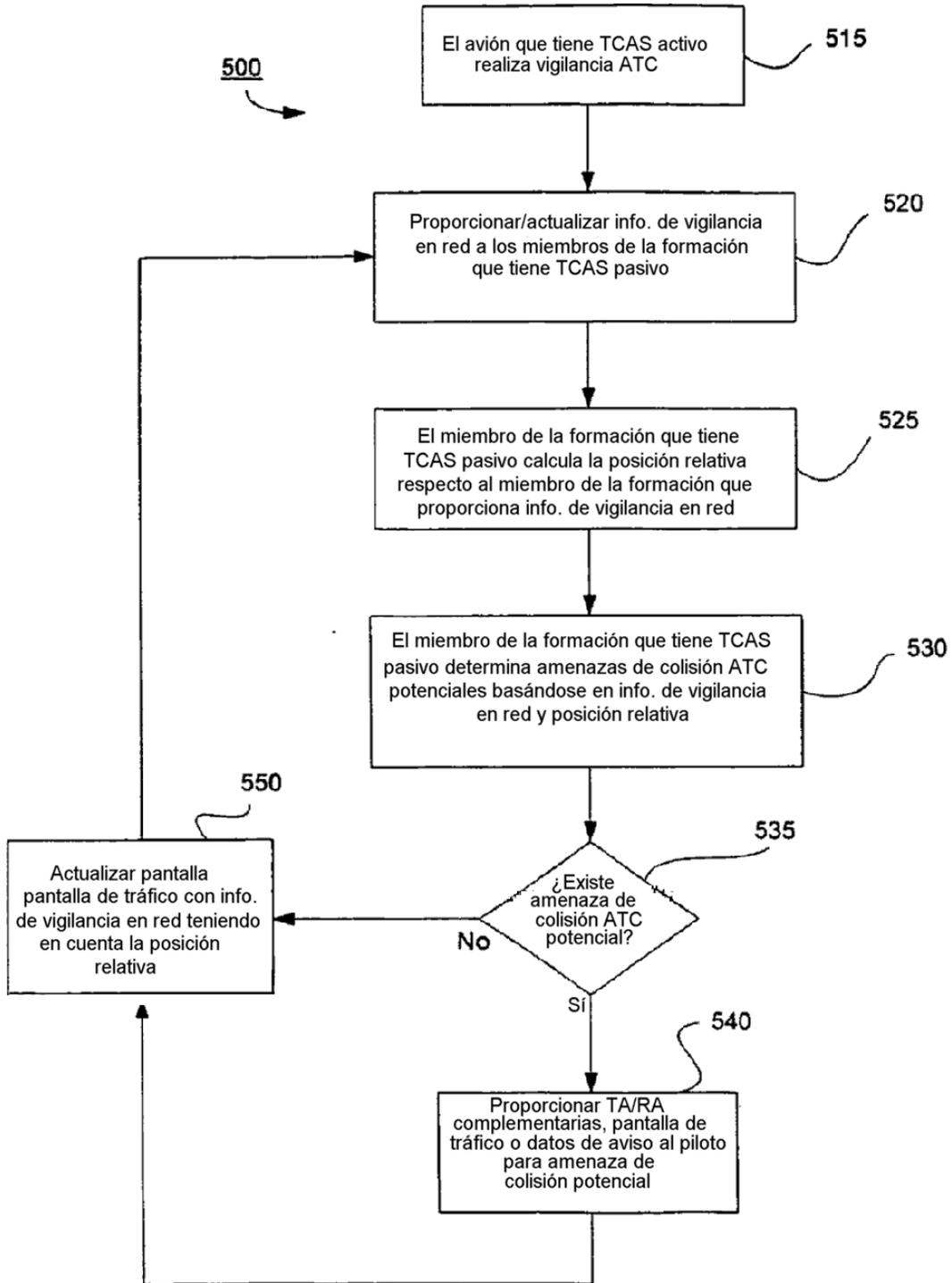


Fig. 5

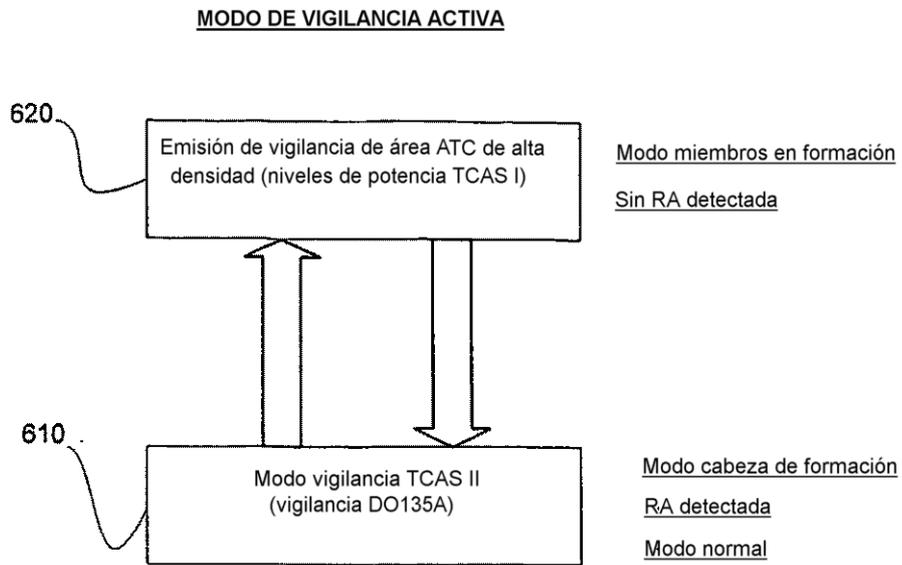


Fig. 6

MODO DE VIGILANCIA PASIVA

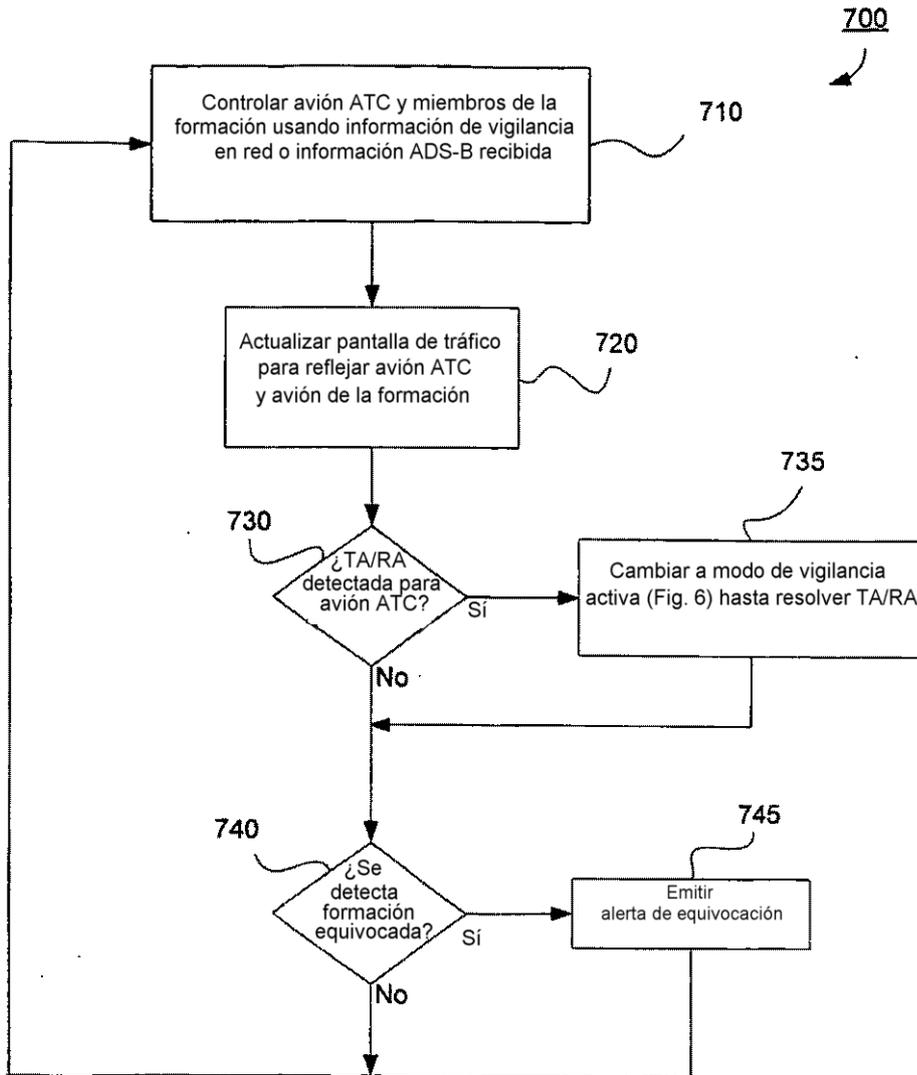


Fig. 7

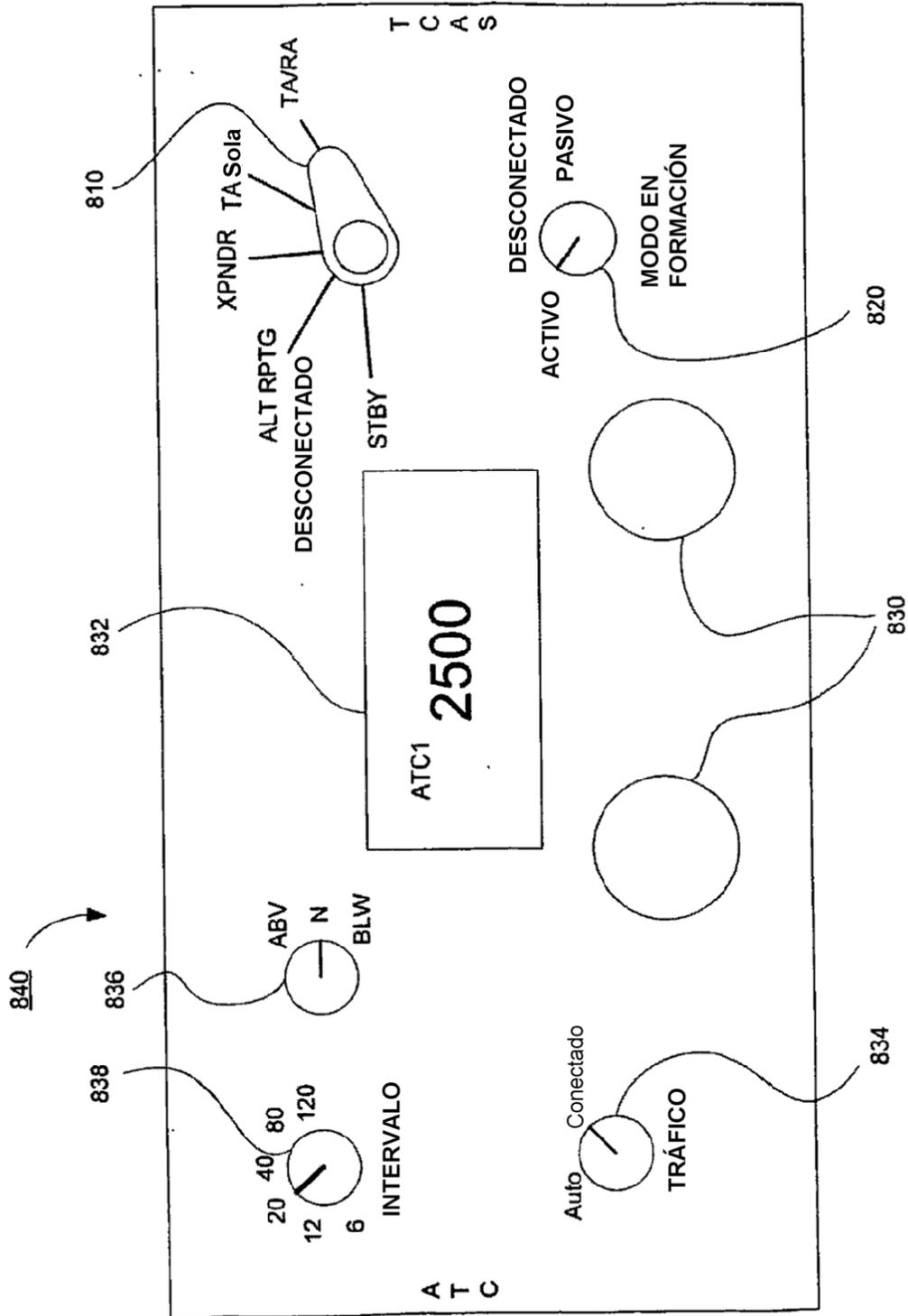


Fig. 8