

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 407**

51 Int. Cl.:

G01S 19/03 (2010.01)

G01S 19/48 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2007 E 07018565 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2013 EP 1912077**

54 Título: **Seguimiento de aeronaves de banda ancha pasiva desplegable**

30 Prioridad:

12.10.2006 US 851118 P
17.08.2007 US 840285

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.12.2013

73 Titular/es:

OMNIPOL A.S. (100.0%)
Nekazanka 11/880
11221 Praha 1, CZ

72 Inventor/es:

SMITH, ALEXANDER E.;
HULSTROM, RUSSEL y
EVERS, CARL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 436 407 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

Seguimiento de aeronaves de banda ancha pasiva desplegable

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo del seguimiento y vigilancia de aeronaves y de vehículos terrestres. En particular, la presente invención está dirigida hacia técnicas para la utilización de multilateralización y bilateralización como respaldo y validación para seguimiento de aeronaves por Vigilancia Dependiente Automática-Transmisión (ADS-B) y como un sistema de seguimiento desplegable o portátil para finalidades de seguridad y militares.

Antecedentes de la invención

10 A pesar de las constantes preocupaciones sobre seguridad, la demanda para viaje aéreo se prevé que continúe a un extraordinario ritmo, tanto en mercados maduros como en desarrollo. En los Estados Unidos de América (USA), el programa de Sistema de Transporte Aéreo de Próxima Generación (NGATS) predice que el número de pasajeros se incrementará por encima del 140% a lo largo de los próximos 20 años, con movimientos de aeronaves incrementándose al triple, dependiendo de la mezcla de pequeña y gran aeronave. Ver, por ejemplo, el Plan Integral del Sistema de Transporte Aéreo de Próxima Generación, Oficina de Desarrollo y Planificación Conjunta (JPDO),
15 diciembre 2004. En Europa, el consistorio Investigación del Control de Tráfico Aéreo en el Espacio Europeo Único (SESAR) predice desafíos similares, con el número de vuelos previstos para incrementarse el 150% a lo largo del mismo periodo. Ver, por ejemplo, SESAR Fase de Definición para Entrega del Marco de Transporte Aéreo - La Situación Actual, Consistorio SESAR 2006. En mercados en desarrollo tales como China, Asia - Pacífico y Sudamérica el crecimiento se espera que sea incluso mayor. Ver, por ejemplo, Perspectivas de Mercado Actuales Boeing 2006.

Desde una perspectiva de Gestión del Tráfico Aéreo (ATM), el resultado estará alrededor del doble de viajes aéreos comerciales, una red más compleja de punto a punto y rutas radiales en un número creciente de aeropuertos. A su vez, esto requerirá una separación reducida y una planificación de rutas flexible, lo cual pondrá una presión significativa en el funcionamiento mejorado desde los sistemas de Control del Tráfico Aéreo (ATC) y las tecnologías de vigilancia.
25

Hay un acuerdo general de que la Vigilancia Dependiente Automática-Transmisión (ADS-B) jugará un papel significativo en el núcleo de la infraestructura de vigilancia de la futura aviación civil y, siguiendo algunos años de programas de pilotaje (incluyendo CAPSTONE en USA, los Ensayos Bundaberg en Australia y CASCADE / Cristal en Europa) y discusiones sobre estándares y tecnologías, mayores programas de despliegue ADS-B están ahora en progreso, incluyendo el Programa Espacio Aéreo Superior Australiano y el programa ADS-B del Sistema Nacional de Espacio Aéreo (NAS- Wide) de la Federación de Aviación Australiana (FAA).
30

ADS-B utiliza nuevos subsistemas de aeroelectrónica a bordo, los cuales incorporan sistemas de posicionamiento del tipo Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) (por ejemplo, GPS o alternativas tales como el Galileo europeo), una interfaz en sistemas de gestión de vuelos, y un traspondedor para transmitir la posición de la aeronave e información suplementaria de forma regular. Éste enfoque ofrece varios beneficios, especialmente cuando se compara con alternativas de radar tradicionales:
35

- La infraestructura terrestre requerida para determinar la posición de la aeronave es relativamente barata, consistiendo en receptores de radio capaces de detectar y decodificar los mensajes dentro de la línea de visibilidad de la aeronave que transmite y por encima de 250nm (463 Km.) de distancia desde la aeronave.
 - Los datos resultantes son, generalmente, extremadamente precisos (potencialmente dentro de decenas de metros), de alta integridad, y con una tasa de actualización que excede de largo aquella obtenida de un radar.
 - La arquitectura ADS-B es de doble vía, lo cual permite a la aeronave recibir la posición y otra información directamente desde otra aeronave o desde una infraestructura basada en tierra (Servicios de Información de Tráfico-Transmisión (TIS-B) y Servicios de Información de Vuelos- Trasmisión (FIS-B)), para proporcionar información abundante de la cabina del piloto y permitir nuevas aplicaciones basadas en la cabina del piloto.
- 40
45

Estos beneficios presentan un caso extraordinariamente convincente para el despliegue de la ADS-B, sin embargo ahí varios retos, los cuales deben abordarse para que la ADS-B sea adoptada como primera o única solución de vigilancia con el fin de que los beneficios puedan ser conseguidos completamente.

En primer lugar, la ADS-B requiere nuevo equipamiento a bordo de cada aeronave y, aunque el aumento de costes de un equipo ADS-B para una nueva aeronave es pequeño, los costes para adaptación de una aeronave existente, incluyendo los costos de certificación y los costes de oportunidad del tiempo de inactividad operacional asociado,
50

son significativos. Como resultado, incluso con las nuevas reglas y ordenanzas que han sido introducidos, pasarán muchos años hasta que los niveles de equipamiento serán tales que la ADS-B pueda ser utilizada como plataforma para una separación consistente y universal de una aeronave. Ver, por ejemplo, el Documento de la Comisión Técnica de Radio para Aeronáutica (RTCA) Foro de Primavera - Mitre Corporation, mayo 2005. El programa ADS-B de la FAA asume que, incluso con el apoyo normativo, no será hasta 2020 cuando todas las grandes aeronaves comerciales estén equipadas.

En segundo lugar, la transmisión desde el radar a la ADS-B necesitará destinar cuestiones de integridad de datos y validación antes de que los Proveedores de Servicios de Navegación Aérea (ANSP's) pueden hacerse cargo de los servicios de separación de seguridad crítica utilizando información de posición nunca más derivada de su propia infraestructura de radar, sino de información proveniente directamente de la aereoelectrónica de la aeronave. Parece probable que, incluso si el caso de seguridad soporta solo vigilancia ADB-S, los asuntos de gobernabilidad y responsabilidad requerirán de los ANSP's establecer medios independientes de respaldo y validación para la ADS-B y el caso de negocios asociados se verá significativamente impactado si el sistema de respaldo debe basarse sólo en el uso continuo de la infraestructura de radar. La encriptación de la ADS-B ha sido propuesta como medio para validar la ADS-B, pero esta técnica no soporta la vigilancia del respaldo. Ver, por ejemplo, la Conferencia de Sistemas de Aereoelectrónica Digital (DASC)- Sensis, octubre 2006.

En tercer lugar, la vigilancia basada en una transmisión de la posición de una aeronave auto-reportada aumenta las cuestiones de seguridad, tanto en términos de la facilidad con la cual la aeronave puede ser seguida desde tierra por casi cualquiera, empleando unidades decodificadoras ADS-B fácilmente disponibles y de bajo coste, y también mediante el potencial para una aeronave para inducir a error, de forma deliberada, a un sistema de vigilancia, suplantando su información de posición y pareciendo estar en una posición distinta que la posición a la cual se encuentra situada realmente. En mayo de 2006, las vulnerabilidades potenciales de suplantación fueron descritas en una carta del ex presidente de la Autoridad de Aviación Civil Australiana al Ministro de Transporte Y Servicios Regionales del Gobierno Australiano, el cual destacó el potencial de acciones maliciosas o caprichosas, constatando que "cualquier ingeniero electrónico, utilizando un traspondedor 'tomado prestado' o de segunda mano de una pequeña aeronave de Aviación General (GA), conectado a un cable de datos de 5\$, una antena de 5\$ y un ordenador portátil, puede crear diez, veinte o incluso cincuenta aeronaves falsas en una pantalla de un controlador de tráfico aéreo. Ver: Carta abierta de Mr Dick Smith al Ministro de Transporte y Servicios Regionales Australiano-mayo 2006.

Finalmente, la introducción de la vigilancia ADS-B requerirá la finalización y la adopción global de un importante nuevo grupo de estándares asociados para los dominios aéreos y los terrestres. Ver, por ejemplo, Seguridad de Referencia, Documento de Requisitos, Interoperabilidad y Desempeño para aplicación ADS-B en Espacio Aéreo sin Radar (NRA) - Borrador 126 ED. Organización Europea para el Equipamiento de Aviación Civil (EUROCAE), agosto 2006.

Se puede argumentar que las técnicas de multilateralización pueden ser decididamente, económicamente, y efectivamente integradas dentro de una infraestructura de vigilancia ADS-B para mitigar estas cuestiones y para posibilitar una implementación ADS-B más rápida, más comprensiva y más efectiva en costes.

Al hacerlo, el término "ADS Extendido" (ADS-X) es algunas veces utilizado para describir este enfoque integrado debido a que evita la tendencia tradicional e inútil de comparar técnicas ADS-B y de multilateralización y la implicación de que estamos de alguna manera eligiendo entre las dos tecnologías.

Los sistemas de multilateralización utilizan técnicas de triangulación para determinar la fuente de emisiones de traspondedor, analizando la diferencia de tiempo de llegada (TDOA) de aquellas señales en una red de recepción de estaciones de tierra con tres o cuatro estaciones requeridas para recibir la señal, en orden para el procesador central, para determinar un resultado de triangulación.

Estos sistemas son probados alrededor del mundo en aplicaciones de Sistemas de Control en Tierra y Movimiento en Superficie Avanzados (A-SMGCS) en aeropuertos incluyendo Copenhague, Praga, Madrid, Londres, París Atlanta y St. Louis y han sido también utilizados de forma exitosa como unidades de monitoreo de altura basadas en tierra, para soportar implementación de Separación Mínima Vertical Reducida (RVSM), verificando el rendimiento de los altímetros barométricos en un espacio aéreo denso.

Un informe reciente para Eurocontrol de Multilateralización de Área Amplia (WAM) concluye que "donde existe cobertura, un sistema WAM generalmente superará, en precisión, a un Radar de Vigilancia Secundaria Monopulso (MSSR) " y, con respecto a los costes se ha encontrado que "Los costes de hardware del sistema WAM son (de forma muy orientativa) de alrededor de 50% de aquellos de un sistema de Radar de Vigilancia Secundaria (SSR)" y "Los costes de mantenimiento de sistemas WAM serán mucho más pequeños que para un MSSR ya que no hay partes mecánicas rotativas. Puede ser requerido un chequeo de mantenimiento de 6 meses de cada sitio para mantener el equipo auxiliar tal como los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), de lo contrario hay poco que

hacer." Ver, Multilateralización de Área Amplia, informe en el Programa de Gestión del Tránsito Aéreo Europeo (EATMP) ThalesRaytheonSystems (TRS) 131/04, Eurocontrol 2005.

Como resultado, la multilateralización es vista como una solución de alto rendimiento y eficiente en costes para una terminal y vigilancia en ruta en países tan diversos como Tailandia, Mongolia, República Checa y Australia.

5 Además, las estaciones en tierra de todos los sistemas de multilateralización probados comercialmente tienen también funciones completas, estaciones de tierra ADS-B que cumplen con los estándares, lo cual significa que tal sistema es capaz de, no sólo recibir y decodificar información de posición auto reportada, sino que también puede triangular en la fuente del mensaje para derivar un informe de posición independiente para la misma aeronave. Esto presenta varias oportunidades en los retos de implementación al direccionar la ADS-B.

10 Los sistemas de multilateralización y triangulación que utilizan procesamiento de diferencia de tiempo de llegada (TDOA) son utilizados para seguir la aeronave en áreas locales, regionales y amplias. Estos sistemas generalmente necesitan transmisiones de pulso desde la aeronave, las cuales tienen tiempos de despegue suficientemente elevados con el fin de hacer una referencia de tiempo consistente en la señal.

15 Los sistemas de transmisión de pulsos, que tienen tiempos de despegue suficientemente elevados son generalmente señales de frecuencia más elevada, Banda L (L-band) o por encima (generalmente más elevadas que 900 MHz), con el suficiente ancho de banda para proporcionar el tiempo de despegue rápido.

Las señales con suficiente frecuencia y ancho de banda incluyen sistemas de radar de vigilancia secundaria (SSR), incluyendo Modo A, Modo C, Modo S y ADS-B.

20 Compañías que emplean sistemas de triangulación para SSR incluyen Sensis Corporation y ERA Systems Corporation.

Aunque las señales SSR son utilizadas para multilateralización en la frecuencia 1090 MHz, hay otras que utilizan el procesado TDOA de otras señales de aeronave en diferentes frecuencias.

25 Una de estas es el sistema VERA-E fabricado por ERA Systems Corporation, titular de la presente solicitud, e ilustrado en las figuras 1 a 4. Este sistema es utilizado para seguir una aeronave en áreas amplias utilizando métodos de banda ancha. Esencialmente el aspecto de banda ancha es logrado utilizando una serie de antenas y sistema de recepción interconectados como se ilustra la figura 4. Cada subsistema maneja un subconjunto de frecuencias en un rango total de 1 GHz a 20 GHz. El sistema tiene las siguientes características y capacidades:

- Ocultación - electrónica y física
- Explotación de contramedidas de guerra electrónicas
- 30 • Largo rango de detección (el horizonte de radio es la principal limitación)
- Seguimiento e inteligencia electrónica (ELINT) proporcionando la capacidad de cobertura de Identificación Amigo/Enemigo (IFF)
- Excelente precisión de seguimiento
- Cobertura de tanto objetivos terrestres como de superficie
- 35 • Adquisición de sistemas efectivos en costes y costes de ciclo de vida.

La figura 1 ilustra una Unidad Receptora de Banda Ancha desplegable, fabricada por ERA como muestra la figura 2 es una vista en primer plano de una antena VERA E. La figura 3 muestra una unidad receptora VERA mostrada en un transporte para despliegue. La figura 4 ilustra la arquitectura VERA E. En referencia a la figura 4, las señales pueden ser introducidas desde una pluralidad de antenas 405, que comprenden antenas 410, 415, 420, 430, y 425. La antena 405 puede comprender una antena con Función de Identificación Selectiva (FE SIF) cuya entrada es alimentada a un receptor 445 SIF/TACAN (Función de Identificación Selectiva / Navegación Aérea Táctica). Estas entradas desde las antenas 410, 415, 420, 430, y 435 son alimentadas a receptores de banda de radar 450 y 455.

45 La salida del receptor 445 SIF/TACAN y las salidas de los receptores de banda de radar 450 y 455 son alimentadas a un interruptor e interfaz de video 460. La salida del interruptor e interfaz de video 460 y del receptor de banda de radar 450 es alimentada al sistema CPS 485. El control y los comandos son alimentados desde el sistema CPS 490 a un subsistema de conexión de datos 465, el cual a su vez comprende una pluralidad de conexiones de datos 470,

475, y 480. La salida del subsistema de conexión de datos 465 a su vez controla el interruptor e interfaz de video 460. El control y los comandos desde la CPS 490 también controla a los receptores de banda de radar 450 y 455 junto con el interruptor e interfaz de video 460 y el receptor SIF/TACAN 445.

5 Por otra parte, US 2003/0060941 A1 describe un sistema ADS-B ininterrumpido para seguimiento de aeronaves. El sistema de vigilancia de aeronaves que incluye un sistema de transmisión de información de aeronaves ininterrumpido (tal como un sistema ADS-B) para transmitir información de vuelos desde una aeronave, y una o más estaciones de tierra para recibir la información de vuelo transmitida. La información de vuelo, de forma preferente, incluye la ID (identificación) de la aeronave, la posición tridimensional actual, y el trayecto previsto. Componentes opcionales, de acuerdo con el documento, incluyen un sistema y método para validación de mensajes recibidos desde la aeronave, y un sistema alternativo y un método para determinar la posición de la aeronave, si una ayuda a la navegación primaria, como un GPS, no está disponible.

Adicionalmente, US 5,381,140 describe un sistema de monitoreo de la posición de una aeronave. Este documento propone el uso de un radar primario o un radar secundario en los casos en los que el seguimiento de una aeronave no es posible por más tiempo a través de datos ADS recibidos desde la aeronave.

15 RESUMEN DE LA INVENCION

La invención esta definida en la reivindicación 1. Modos de realización particular de la invención se establecen en las reivindicaciones dependientes.

20 De acuerdo con la invención, se proporciona una validación de una posición auto-reportada. La invención toma el sistema para detección de banda ancha pasiva desplegable y la extiende incorporando la capacidad de decodificar la posición auto-reportada por una ADS-B, y la compara con la línea de la posición calculada, o la línea de precisión, derivada de técnicas de multilateralización aplicadas a varias señales recibidas desde la aeronave.

25 La aeronave puede emitir un informe de posición ADS-B junto con información asociada de calidad e integridad de Categoría de Integridad de Navegación (NIC), Categoría de Precisión de Navegación (NAC) y Nivel de Integridad de Vigilancia (SIL) y esta señal es recibida en una o más de las estaciones y es decodificada y hecha accesible para el procesamiento posterior en el sistema ATC.

De forma simultánea, la misma señal y/o otras señales emitidas por la aeronave son recibidas en varias de las estaciones y una posición, o línea de precisión, se calcula utilizando las técnicas de multilateralización. Medidas equivalentes de la calidad de integridad de los datos son derivadas para esta información basada en la geometría conocida de las estaciones y en el número de estaciones receptoras, entre otros factores.

30 Los datos de las dos fuentes se comparan y la "Figura de Mérito" (FOM) para la posición auto-reportada ADS-B se ajusta para reflejar la información adicional, ahora accesible, para constatar la validez del informe. De forma opcional se puede lanzar también una alerta.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra una unidad receptora de banda ancha desplegable fabricada por ERA Systems Corporation.

35 La figura 2 es un primer plano de una antena VERA E.

La figura 3 muestra una unidad receptora VERA E en transporte para despliegue.

La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra la arquitectura VERA E.

40 La figura 5 es un diagrama que indica la cobertura de una aeronave "SRR- visible" (es decir, una aeronave con traspondedores en funcionamiento) en una red ADS-X, y cómo las redes proporciona una cobertura SRR-equivalente, independiente de la velocidad de la transición ADS-B.

La figura 6 es un mapa que indica la cobertura en ruta que debería esperarse de un sensor simple ADS-B situado en cuatro aeropuertos del Medio Oeste de USA (Cincinnati, Louisville, Indianápolis y Columbus).

45 La figura 7 es un mapa que indica la cobertura ADS-X para los mismos cuatro sensores, con el área de cobertura más amplia ADS-B, mejorada con un área principal en la que una posición de multilateralización independiente podría ser derivada desde los mismos cuatro sensores, en este caso sin costes o infraestructura adicionales.

La figura 8 es un diagrama que ilustra un primer ejemplo de un mensaje ADS-B recibidos en dos estaciones en tierra ADS-X separadas y, aunque esto no es suficiente para determinar una posición 3D en el espacio, lo es, cuando se combina con información de altitud barométrica, suficiente para determinar una línea de precisión sobre la cual debe estar situada la aeronave.

5 La figura 9 es un diagrama de bloques de un segundo ejemplo, donde el sistema para la detección de banda ancha pasiva desplegable se extiende incorporando la capacidad de decodificar la posición para una ADS-B, una multilateralización SSR y una multilateralización de banda ancha.

10 La figura 10 es un diagrama de bloques de un tercer ejemplo, que toma el sistema para detección de banda ancha pasiva desplegable y lo extiende incorporando la capacidad de decodificar la posición auto-reportada por un ADS-B, y compararla con una línea de posición calculada, o una línea de precisión, derivada de técnicas de multilateralización aplicadas a varias señales recibidas desde la aeronave.

15 La figura 11 es un diagrama de bloques de un cuarto ejemplo, el cual muestra un alcance pasivo y un sistema de vigilancia basado en un ángulo de llegada pasivo y un sistema de vigilancia basado en un vehículo que proporciona las capacidades de decodificar una posición auto-reportada ADS-B, determinar la posición de seguimiento independiente de un objetivo ADS-B empleando técnicas de medida de alcance pasivo y de ángulo de llegada pasivo, y validar una posición auto-reportada ADS-B utilizando la posición de vigilancia independiente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

20 Como se pueden aplicar técnicas de multilateralización a señales de traspondedor existentes (Modo A, Modo C, Modo S), la red de estaciones de tierra es capaz de determinar la posición de la aeronave y la necesidad de nueva aeroelectrónica. Esto permite al Proveedor de Servicios de Navegación Aérea (ANSPs) desplegar la próxima generación, de tecnologías de bajo coste, sin la necesidad de una petición anticipada conflictiva para reacondicionamiento del equipo, aunque todavía se evite, potencialmente, la necesidad de reemplazar los sistemas SSR.

25 La figura 5 es un gráfico que indica la cobertura de una aeronave "SSR- visible" (es decir, una aeronave con traspondedores en funcionamiento) en una red ADS-X, y como las redes proporcionan una cobertura SRR-equivalente, independiente de la velocidad de la transición ADS-B. Como se ilustra en este gráfico, en el tiempo actual, una aeronave con equipamiento ADS-B comprende una minoría de aeronaves en servicio, quizás alrededor del 20%. En los próximos 15 años, más y más aeronaves estarán provistas de equipos ADS-B como los ilustrados en esta previsión. Sin embargo, incluso en 15 años desde la implementación, una minoría significativa (alrededor del 30 20%) está previsto que no tengan equipos ADS-B instalados, a menos que dicho equipo sea ordenado por la FAA u otra agencia gubernamental. Por tanto, confiar sólo en ADS-B para seguimientos de aeronaves podría no ser seguro, práctico, o factible. La multilateralización proporciona medios para llenar estos huecos, siguiendo aeronaves no equipadas con ADS-B.

35 El segundo reto de implementación del ADS-B, es decir la necesidad de un respaldo y validación independientes de la posición auto-reportada ADS-B, es también abordada mediante la inclusión de la capacidad de multilateralización en la red ADS-B, dado que cada informe de posición ADS-B el validado en tiempo real mediante la triangulación TDOA. De forma análoga, esto es similar al comparar de forma independiente la dirección de retorno mostrada en la parte superior de una carta con el sello en el sobre conteniendo el mensaje para determinar la validez del mensaje.

40 La FAA, en una sesión informativa de industria, ha confirmado la necesidad de un sistema de respaldo y validación para el ADS-B y ha identificado y ha preseleccionado tres estrategias candidatas para abordar este requerimiento. Ver, por ejemplo, FAA, Día 2 de Industria de Servicios de Vigilancia y Transmisión - agosto 2006. La primera estrategia candidata se basa en el uso continuado de una (reducida) red SRR (Radar de Vigilancia Secundaria), la cual se espera que tenga un impacto significativo en la economía del programa global. La intención de ADS-B fue la de suplantar o reemplazar el envejecido sistema SSR en uso actualmente. Mantener el sistema existente SSR en 45 conjunción con ADS-B no logra ningún ahorro de costes, y de hecho, solamente suma costes adicionales y complejidad al sistema.

La segunda y tercera estrategias enumeradas por la FAA están ambas basadas en la utilización de la multilateralización como técnica de respaldo, con las dos estrategias diferenciadas en la inclusión de interrogación activa para terminales en la estrategia tres.

50 Está claro que el sistema de respaldo y validación no sólo mitiga el riesgo de posiciones auto-reportadas, accidentalmente erróneas, sino que también abordará el potencial para deliberar el redireccionamiento de la posición de una aeronave, ya que la solución de multilateralización derivada independientemente será extremadamente difícil de redireccionar sin emitir realmente una señal desde la localización en cuestión. ADS-B se basa en la auto-reportación de la posición, mientras que la multilateralización indica la posición actual de un transmisor.

Aunque hay beneficios evidentes para la inclusión de técnicas de multilateralización en una próxima generación de solución de vigilancia ADS-X, hay algunos retos e implicaciones a este enfoque.

5 Esta primera de dichas implicaciones es que la necesidad de varios sensores para recibir la señal implica que la funcionalidad de multilateralización requiere más estaciones en tierra que el ADS-B sólo. En un ejemplo simple, una sola estación ADS-B podría ser concebida para cubrir un área de vigilancia al menos equivalente a un radar secundario. Una solución de multilateralización podría requerir cuatro o más estaciones para lograr el mismo resultado. Esta cuestión puede llegar a ser un conductor económico significativo si la disponibilidad y costes de sitios adecuados para estaciones en tierra son altos y se toma un enfoque muy conservativo con el número de sensores. Ver, por ejemplo, reemplazo de multilateralización en área amplia de radares en ruta: no para Australia - Greg Dunstone, Servicios Aéreos de Australia para la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO), Grupo de Trabajo ADS-B, Nueva Delhi 2006.

Aunque la necesidad de estaciones en tierra adicionales es real, los costes pueden generalmente ser sólo incrementales a la mayoría de las soluciones ADS-B y permanecer significativamente por debajo de los costes equivalentes para una SSR, y se pueden justificar fácilmente por las ventajas descritas más arriba.

15 El coste de estaciones en tierra ADS-X es bajo, incluso comparado con las estaciones ADS-B, dado que la mayoría del procesamiento es descargado a servidores centrales. En muchas aplicaciones se pueden encontrar localizaciones desarrolladas adecuadas para estaciones base de instalaciones de aviación existentes (aeropuertos, emplazamientos auxiliares de navegación, emplazamientos de comunicación, y similares) y de otra infraestructura existente adecuada tal como torres de telefonía móvil y otra infraestructura. El bajo coste de las estaciones en tierra permite constituir niveles significativos de redundancia dentro de una red, lo cual puede incrementar la selección disponible de emplazamientos adecuados ya que cada emplazamiento no requiere niveles extremadamente altos de energía y capacidad en comunicaciones.

25 Además, cualquier solución operacional ADS-B podría requerir una configuración de receptores redundante, lo cual disminuye la diferencia entre los requisitos de un sensor ADS-B y ADS-X. Sería posible, para ciertas aplicaciones, diseñar soluciones donde grandes zonas de vigilancia ADS-B sean potenciadas a través de un área principal, la cual incorpore respaldo y validación mediante multilateralización.

30 Por ejemplo, la figura 6 es un mapa que ilustra la cobertura en ruta indicativa que se debería esperar de sensores simples ADS-B situados en cuatro aeropuertos del Medio Oeste de USA (Cincinnati 302, Louisville 605, Indianápolis 601 y Columbus 603). Los círculos mostrados en el mapa ilustran el rango de cobertura potencial de cada sensor ADS-B. El círculo 611 muestra el área de cobertura potencial para el sensor de Indianápolis 601. El círculo 612 muestra el área de cobertura potencial para el sensor de Cincinnati 601. El círculo 613 muestra el área de cobertura potencial para el sensor de Columbus 603. El círculo 614 muestra el área de cobertura potencial para el sensor de Louisville 604. La solución está diseñada para tener una cobertura solapada significativa disponible para un fallo en uno de los sensores o en su infraestructura asociada.

35 La figura 7 es un mapa que ilustra un área de cobertura ADS-X para los mismos cuatro sensores 601, 602, 603, y 604. Donde al menos dos círculos se solapan, podría ser posible seguir una línea de precisión para una aeronave. Donde al menos tres círculos se solapan, podría ser posible determinar la posición de una aeronave en tres dimensiones. El área de cobertura ADS-B más amplia se potencia con un área principal 710 donde una posición de multilateralización independiente podría derivarse desde los mismos cuatro sensores, en este caso sin coste o infraestructura adicionales.

45 Si las técnicas ADS-X están siendo empleadas para asistir en la transición a la ADS-B, proporcionando información de la posición para una aeronave sin aereolectrónica ADS-B, una solución completa de tres o cuatro sensores podría ser requerida para cada punto en el área de vigilancia establecida. Sin embargo cuando el equipo ADS-B está alto, la utilización de técnicas multilateralización puede estar restringida a la validación de los auto-reportes ADS-B y, en este caso, será posible utilizar técnicas de bilateralización para reducir más o eliminar el coste diferencial entre los diseños ADS-B y ADS-X.

50 Por ejemplo, en la figura 8, el mensaje ADS-B de una aeronave 840 puede ser recibido en dos estaciones en tierra ADS-X distintas 810 y 830. Aunque esto puede que no sea suficiente para determinar una posición 3D en el espacio, lo es, cuando se combina con información de la altitud barométrica, suficiente para determinar una línea de precisión 850 sobre la cual la aeronave debe estar localizada. En una solución dinámica, es casi imposible para un informe ADS-B inadecuado o redireccionado mantener de forma simultánea una posición válida en la línea de precisión que está cambiando, por lo tanto esta técnica se puede utilizar para validación ADS-B y para seguimiento de una aeronave. Se pueden diseñar soluciones de vigilancia híbridas que combinen ADS-B, multilateralización, bilateralización y otras técnicas para proporcionar un enfoque práctico y efectivo en costes para abordar cuestiones de implementación ADS-B.

Otro reto para la multilateralización como respaldo para la ADS-B es que los sistemas de multilateralización de área amplia requieren una sincronización extremadamente precisa de señales de reloj entre las estaciones en tierra. Esta sincronización ha sido, generalmente, conseguida utilizando señales de satélite GPS como referencias temporales. Sin embargo, empleando señales de satélite GPS se crea una dependencia potencial y por tanto un modo común inaceptable de fallo entre la ADS-B y los componentes de multilateralización de la solución ADS-X. Métodos alternativos de sincronización de reloj para las estaciones remotas han sido identificados y se pueden utilizar para compensar este impacto. Ver, por ejemplo, Smith, A., y otros Sistema Amplio ADS-B, Respaldo y Validación, 6ª Conferencia y Seminario de Vigilancia y Comunicaciones de Navegación Integradas (ICNS), mayo 2006.

Antes de que la multilateralización pueda utilizarse como un respaldo para la ADS-B para funciones avanzadas de Control de Tráfico Aéreo (ATC) tal como la separación, los estándares requeridos y los casos de seguridad deben ser desarrollados para la multilateralización. Quizás de forma irónica, aunque la multilateralización es la menos revolucionaria de las dos tecnologías (la sincronización de la recepción de señal desde un traspondedor de una aeronave es una técnica similar, utilizando la misma aereoelectrónica, que para las actuales SRRs), el desarrollo de los estándares para la ADS-B está actualmente más avanzada de lo que está para la multilateralización con cambios propuestos para que los procesos de gestión del tráfico aéreo de la ICAO sean circulares y también en versión de borrador, las especificaciones de funcionamiento e interoperabilidad para la infraestructura ADS-B. Ver, por ejemplo, "Gestión de Navegación Aérea" ICAO, Procesos para Servicios de Navegación Aérea, Documento 4444, Decimocuarta edición - Modificación 4 propuesta para autorización para incluir los procesos ADS-B en el Capítulo 8.

Como una parte del programa ADS-B de la FAA's, la FAA planea, a través de una serie de simulaciones y validación de ensayos de vuelo, analizar errores de separación para la ADS-B, y buscar la aprobación de estándares de separación para terminal y fases en ruta en 2009. Este proceso continuo no ha evitado que algunas autoridades hayan implementado estándares de separación basados en la ADS-B, por delante de los procesos estándares formales. Por ejemplo, en Australia, la ADS-B está siendo ya utilizada para una separación de 5nm (9.26 Km) en el área de Bundaberg, como resultado de un caso de seguridad basado en la Comparación a Monopulso SSR, utilizando la metodología del documento 9689 de la ICAO. Ver, la Regulación ADS-B - presentación de la Autoridad de Seguridad en Aviación Civil (CASA) Australia al grupo de trabajo ADS-B de la ICAO, Nueva Delhi 2006.

El actual interés en el despliegue de la multilateralización, la ausencia de requerimiento para cambios en la aereoelectrónica y los estándares "tipo-radar" que se han establecido para la ADS-B se espera que resulten en un progreso acelerado para los estándares de multilateralización a corto plazo. Es previsible que algunos países implementarán, como con la ADS-B, la multilateralización para la separación por adelantado de estos estándares basados en el desarrollo de un caso de seguridad adecuado.

La figura 9 es un diagrama de bloques que muestra el segundo ejemplo, proporcionando un seguimiento integral utilizando banda ancha pasiva. Como se ilustra en el modo de realización de la figura 9, la invención toma el sistema para detección de banda ancha pasiva desplegable y la extiende incorporando la capacidad de decodificar la posición para la ADS-B, la multilateralización SSR, y la multilateralización de banda ancha. En este ejemplo, la aeronave 100 transmite una señal, la cual es recibida por un mínimo de tres estaciones 140, 140, y 150. La antena 150 podrá recibir señales ADS-B y generar una señal de posición ADS-B cómo la generada por la aeronave 100. Las antenas 140 pueden recibir otras señales pero no necesariamente datos de posición ADS-B generados. Las señales 110, 120 pueden incluir todo el pulso y señales de alto ancho de banda que proceden de la aeronave 100, incluyendo, pero no limitándose a, Transceptor de Acceso Universal (UAT), Equipo de Medida de Distancia (DME), TACAN, SSR, Modo S, ADS-B, Radar de Pulso, Radar Meteorológico, Comunicaciones y Radar Militar.

En el ejemplo de la figura 9, se supone que ADS-B se transmite por la aeronave 120 y se recibe por al menos una estación en tierra 150. Todas las estaciones en tierra 140, 150 reciben todas las otras transmisiones que son UAT, DME, TACAN, SSR, Modo S, ADS-B, Radar de Pulso, Radar Meteorológico, Comunicaciones y Radar Militar. El Comparador 180 compara la posición reportada por ADS-B desde la antena 150 con una línea de precisión o una posición triangulada determinada desde todas las antenas 140, 140, y 150 basándose en cualquier señal de alta frecuencia procedente de la aeronave que es UAT, DME, TACAN, SSR, Modo S, ADS-B, Radar de Pulso, Radar Meteorológico, Comunicaciones y Radar Militar, y proporciona la siguiente información al usuario 200:

- 1) Posición auto-reportada ADS-B
- 2) Posición validada e identificación basada en la información del traspondedor / SSR
- 3) Posición validada identificación, si está disponible, de todas las otras señales de alta frecuencia
- 4) Información sobre la validez de integridad de los datos, especialmente la posición auto-reportada ADS-B.

El ejemplo de la figura 9 es por tanto capaz de realizar un seguimiento a la aeronave, tengan o no la ADS-B, traspondedores en funcionamiento, u otros dispositivos aereoelectrónicos de alta frecuencia.

ES 2 436 407 T3

5 La figura 10 es un diagrama de bloques que muestra el tercer ejemplo, que proporciona validación de una posición auto-reportada. En este ejemplo el sistema para la detección de banda ancha pasiva desplegable es tomado y es extendido incorporando la capacidad de decodificar la posición auto-reportada para la ADS-B, y conteniéndola en línea con la posición calculada o con la línea de precisión, derivada de las técnicas de multilateralización aplicadas a varias señales recibidas desde la aeronave.

Con referencia a la figura 10, la aeronave 1000 emite un informe de posición ADS-B 1010 junto con información asociada de integridad y calidad (NIC/NAC/SIL) 1020, así como el transpondedor y otras señales de la aeronave 1030. Estas señales 1010, 1020, y 1030 son recibidas en una o más de las estaciones 1035 y se decodifican y se hacen disponibles para el procesamiento posterior del sistema ATC 1090.

10 De forma simultánea, la misma señal, y/o otras señales emitidas por la aeronave 1010, 1020, y 1030, son recibidas en varias de las estaciones y una posición, o línea de precisión, se calcula utilizando las técnicas de multilateralización a través del procesador TDOA 1070, como se ha remarcado anteriormente. Las medidas equivalentes de la calidad e integridad de los datos son derivadas para esta información basándose en la geometría conocida de las estaciones y en el número de estaciones receptoras, entre otros factores.

15 Los datos procedentes de las dos fuentes se comparan en el comparador 1080 en el servidor ADS-X 1040 y la "Figura de Mérito" (FOM) para la posición auto-reportada ADS-B se ajusta para reflejar la información adicional, ahora disponible, para determinar la validez del informe 1050, 1055. Opcionalmente, se puede también lanzar una alerta 1060. La FOM puede comprender un valor numérico que indique la precisión relativa de la posición de la aeronave auto-reportada frente a la posición determinada por la multilateralización. Esta FOM puede ajustarse basándose en la precisión del equipo de multilateralización y de otros valores. Una alta FOM indica un alto nivel de confianza en el valor de la posición auto-reportada. Una baja FOM indica un bajo nivel de confianza en el valor de la posición auto-reportada.

20 Esta FOM puede compararse con un valor límite, el cual puede ajustarse dependiendo de varias circunstancias, para prevenir que sean generadas falsas alarmas, y también para prevenir falsos negativos. Si la FOM está por debajo del valor límite predeterminado, puede sonar una alarma para indicar a un operador que la autenticidad de la aeronave en cuestión debería ser investigada. El límite puede ser establecido más alto, por ejemplo, cerca de áreas sensibles (grandes ciudades, bases militares), o puede ser reducido dependiendo de la precisión del equipo de posición auto-reportada de la aeronave.

25 La figura 11 es un diagrama de bloques del cuarto ejemplo, la cual muestra un alcance pasivo y un sistema de vigilancia basado en un Ángulo de Llegada pasivo y un sistema de vigilancia basado en un vehículo que proporciona las capacidades de decodificar una posición auto-reportada ADS-B, determinar la posición de seguimiento independiente de un objetivo ADS-B empleando técnicas de medida de alcance pasivo y de Ángulo de Llegada pasivo, y validar una posición auto-reportada ADS-B utilizando la posición de vigilancia independiente.

30 Como se muestra en el ejemplo ilustrado en la figura 11, la aeronave 340 transmite una señal de informe ADS-B 350 la cual es recibida por otra aeronave aerotransportada 330 y por antenas de búsqueda direccional basadas en tierra 360. Los receptores 365 decodifican y miden el Ángulo de Llegada y el Tiempo de Llegada de la señal de informe ADS-B 350. El Ángulo de Llegada, Tiempo de Llegada, datos decodificados, incluyendo la altitud y la identificación, son enviados a través del receptor 365 al procesador de vigilancia 300. El procesador de vigilancia 300 decodifica la señal de posición ADS-B para determinar la posición auto-reportada ADS-B.

35 El procesador de vigilancia 300 realiza una determinación de la posición del objetivo de vigilancia independiente:

1. Determina la franja de tiempo de transmisión de la señal ADS-B y computa el Tiempo correspondiente de la Transmisión ADS-B basándose en unos Estándares de Rendimiento de Funcionamiento Mínimos

2. Computa el rango correspondiente a la diferencia de tiempo entre el Tiempo de la transmisión ADS-B y el Tiempo de Llegada.

40 3. Computa una posición de objetivo de vigilancia independiente con respecto a cada receptor 365 utilizando el rango pasivo y los datos del Ángulo de Llegada pasivo.

4. Realiza la fusión de datos de los datos de vigilancia de la posición del objetivo de vigilancia independiente para todos los receptores 365 cuando más de un receptor 365 es utilizado para computar la posición del objetivo de vigilancia dependiente.

50 El procesador de vigilancia 300 realiza la validación de la posición auto-reportada ADS-B comparando la posición del objetivo de vigilancia independiente con la posición auto-reportada decodificada ADS-B para la aeronave 340 y la "Figura de Mérito" (FOM) para la posición auto-reportada ADS-B es ajustada para reflejar la información de vigilancia

independiente adicional, ahora disponible, para determinar la validez del informe. Otra aeronave 330 que recibe la señal del informe ADS-B 350 y que está equipada con medición del alcance pasivo y del Ángulo de Llegada, realiza la misma determinación de posición y la validación, la cual es realizada por los elementos de tierra 360, 365, 300.

5 Aunque el modo de realización preferido y el ejemplo y los distintos modos de realización alternativos y los ejemplos de la invención han sido expuestos y descritos en detalle aquí, sería aparente para aquellos expertos en la materia que se podrían hacer varios cambios en la forma y detalles en ella sin alejarse del ámbito de protección de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para validar la posición auto-reportada de una aeronave que comprende:
- una pluralidad de antenas adaptadas para recibir señales (1010, 1020, 1030) desde una aeronave (1000);
- 5 un procesador (1070) acoplado a la pluralidad de antenas y adaptado para determinar la posición de la aeronave a través del procesamiento de la diferencia de tiempo de llegada de las señales (1010, 1020, 1030) desde la aeronave (1000) para producir una posición de aeronave determinada; y
- un comparador (1080) acoplado al procesador (1070) y adaptado para comparar la posición de la aeronave determinada con la posición auto-reportada de la aeronave
- 10 caracterizado porque el procesador (1070) está además adaptado para determinar una línea de la posición calculada, estando una línea de precisión (850) basada en las señales (1010, 1020, 1030) recibidas desde dos de la pluralidad de antenas (1035).
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde las señales (1010, 1020, 1030) de la aeronave (1000) comprenden señales de alta frecuencia procedente de la aeronave (1000).
- 15 3. El sistema de la reivindicación 2, en donde las señales de alta frecuencia comprenden una o más de UAT, DME, TACAN, SSR, Modo S, ADS-B, Radar de Pulso, Radar Meteorológico, Comunicaciones, Radar Militar o un emisor de pulso.
4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el comparador (1080) esta además adaptado para generar una Figura de Mérito FOM que indica el nivel de confianza en la posición auto-reportada de la aeronave.
- 20 5. El sistema de la reivindicación 4, que además comprende:
- una alarma (1060) acoplada al comparador (1080) y adaptada para generar una señal de alarma si la FOM está por debajo de un valor límite predeterminado.
- 25 6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el comparador (1070) esta adaptado para comparar la línea de precisión (850) con la posición auto-reportada de la aeronave y generar una alerta (1060) si la posición auto-reportada de la aeronave no está dentro de un rango predeterminado de la línea de precisión (850).

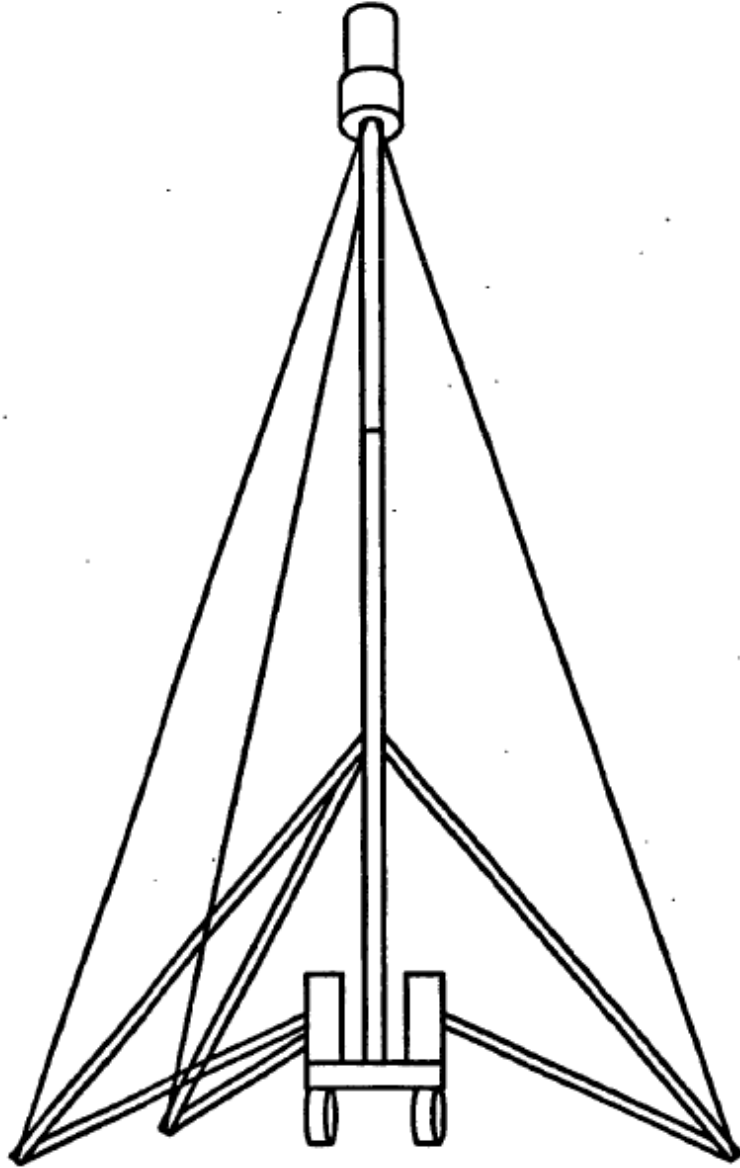


FIG. 1

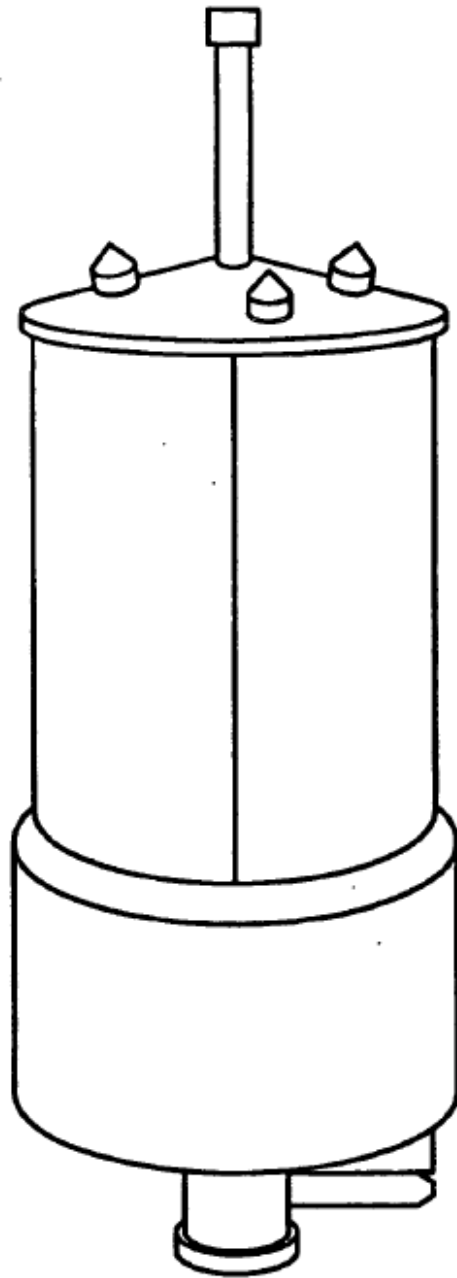


FIG. 2

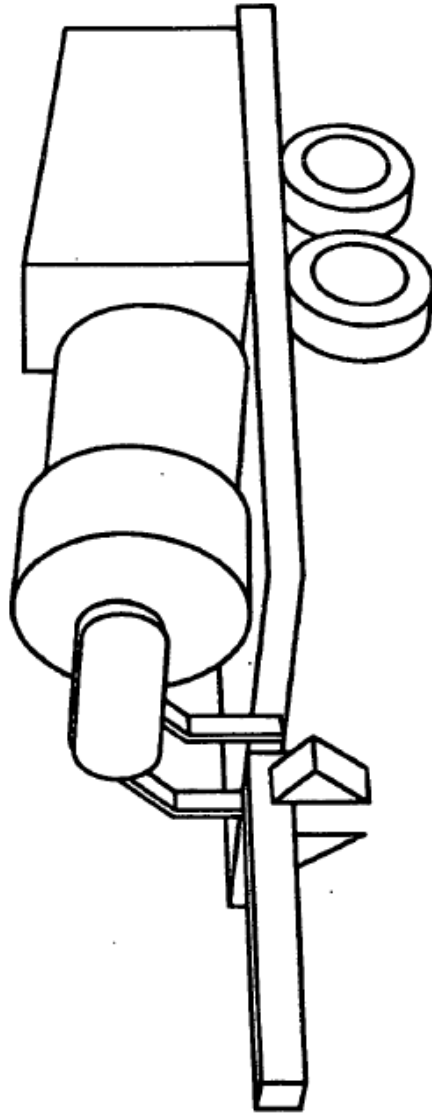


FIG. 3

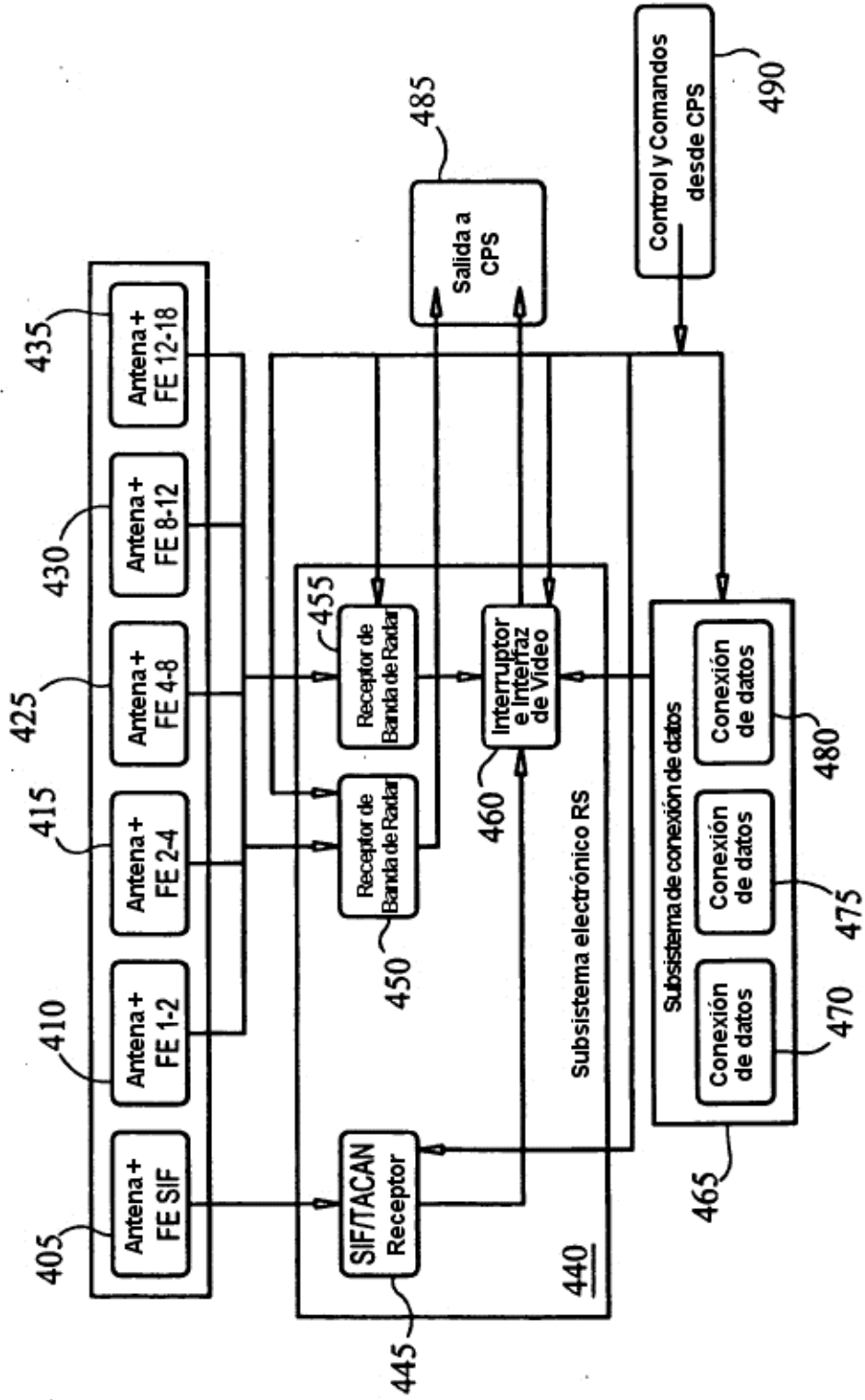


FIG. 4

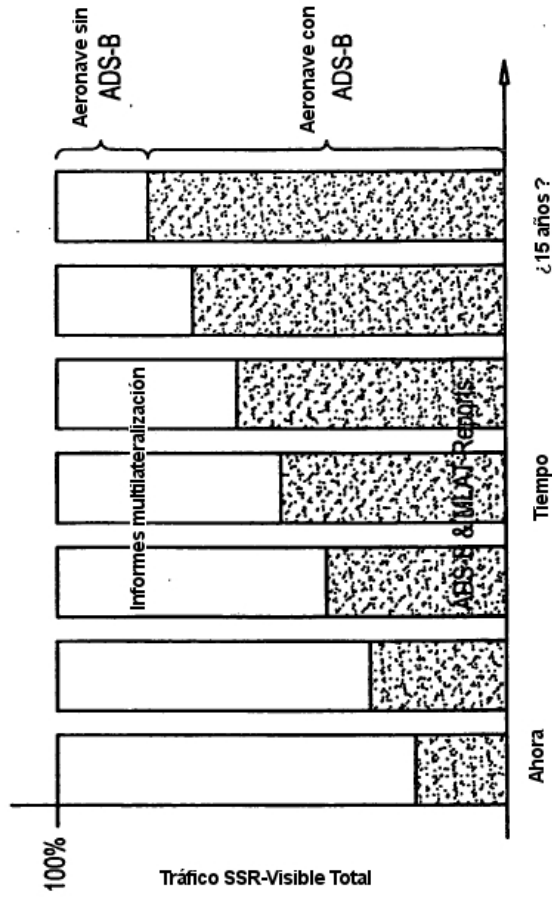


FIG. 5

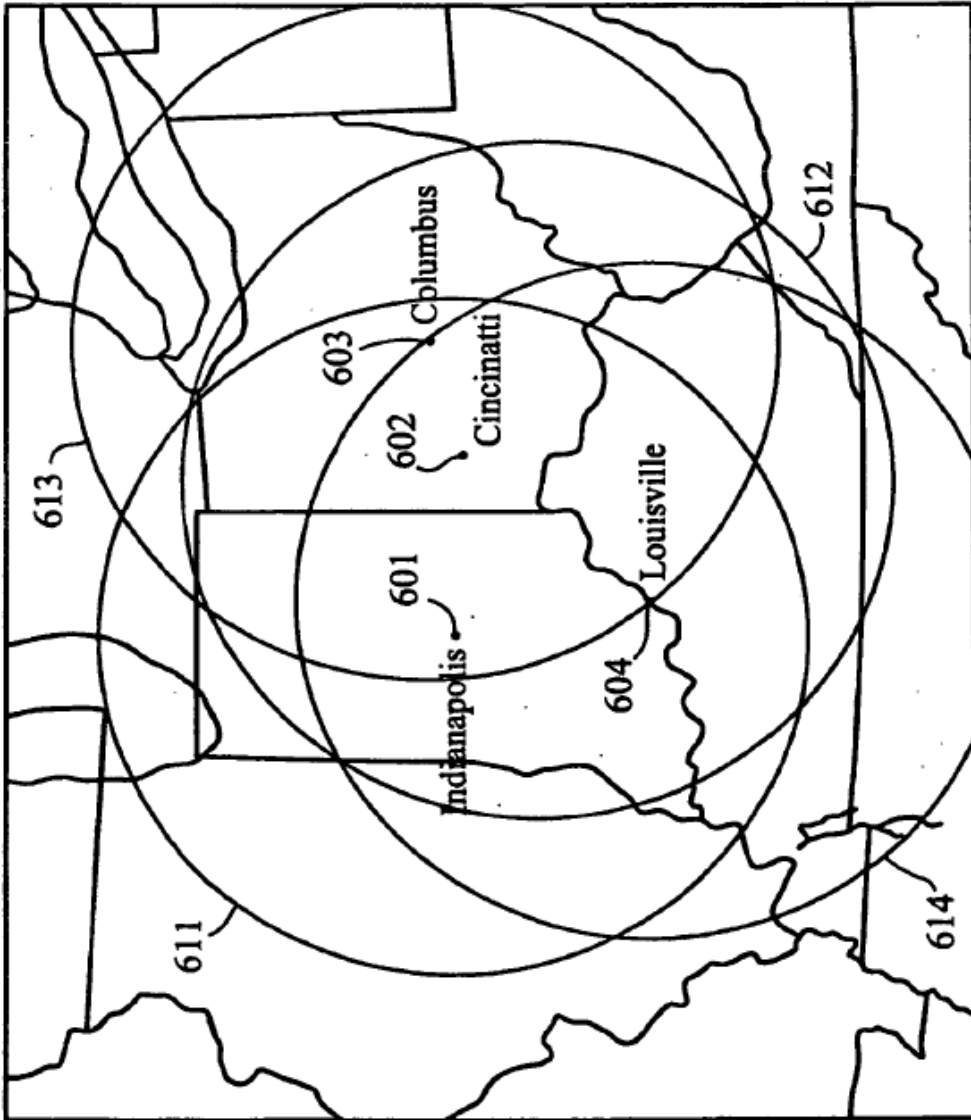


FIG. 6

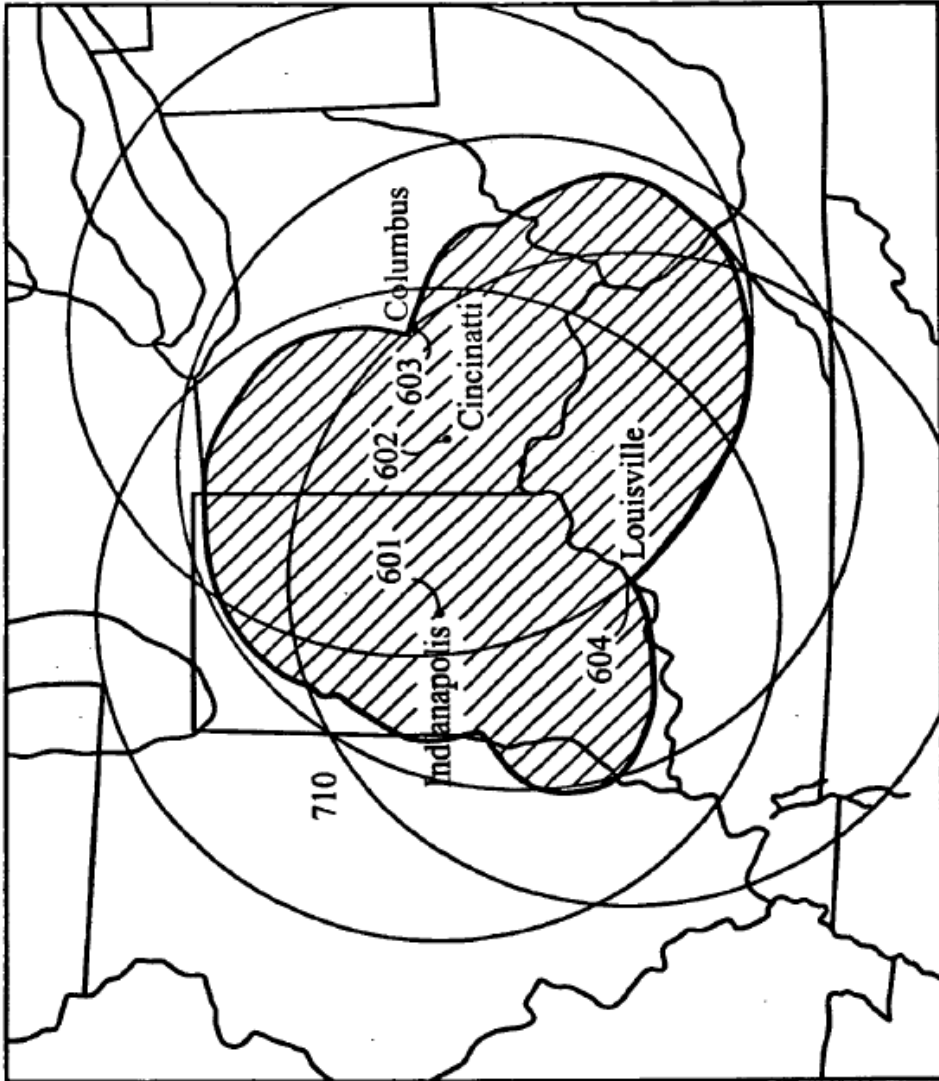


FIG. 7

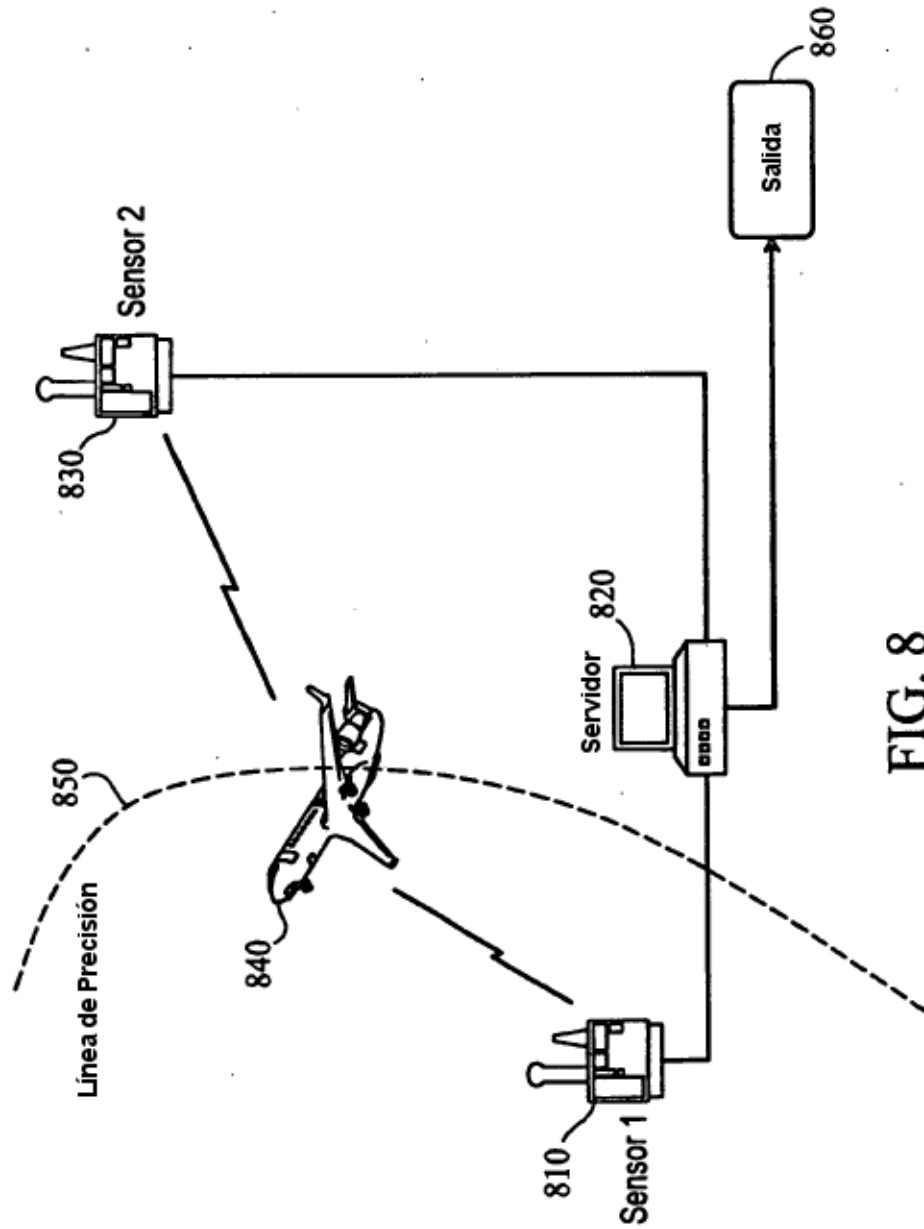


FIG. 8

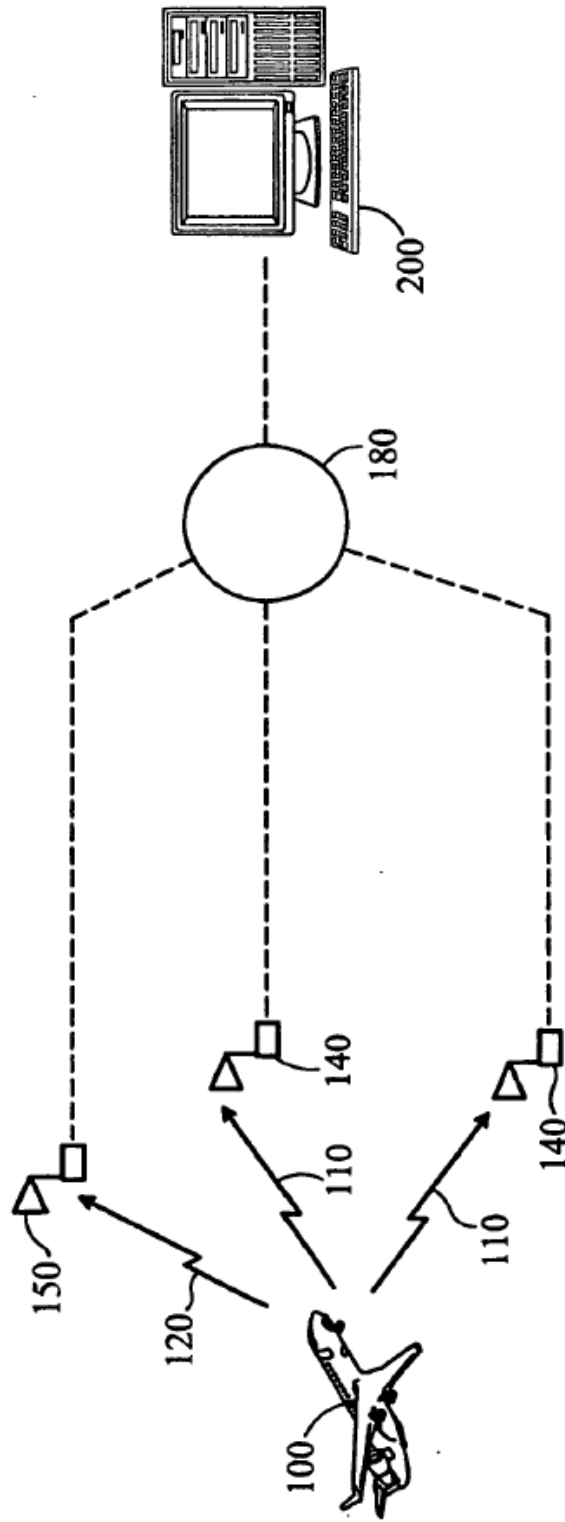


FIG. 9

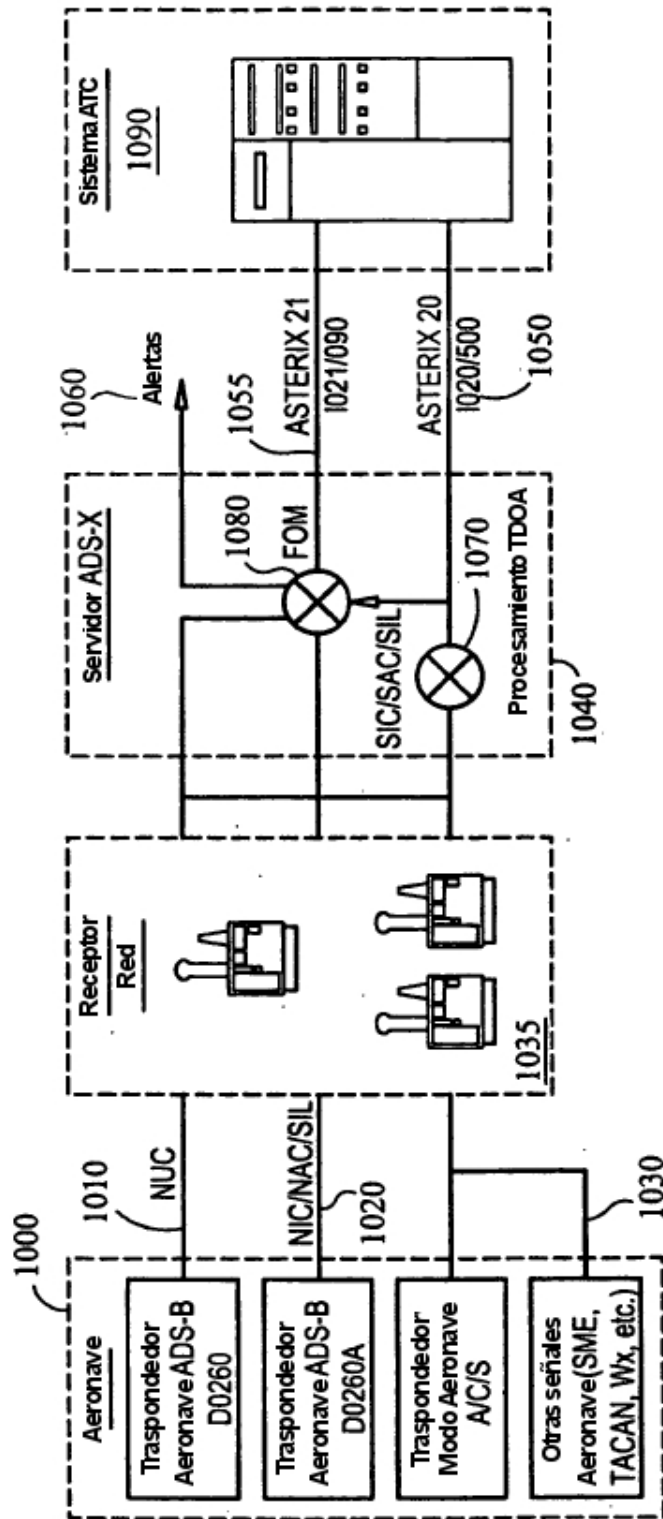


FIG. 10

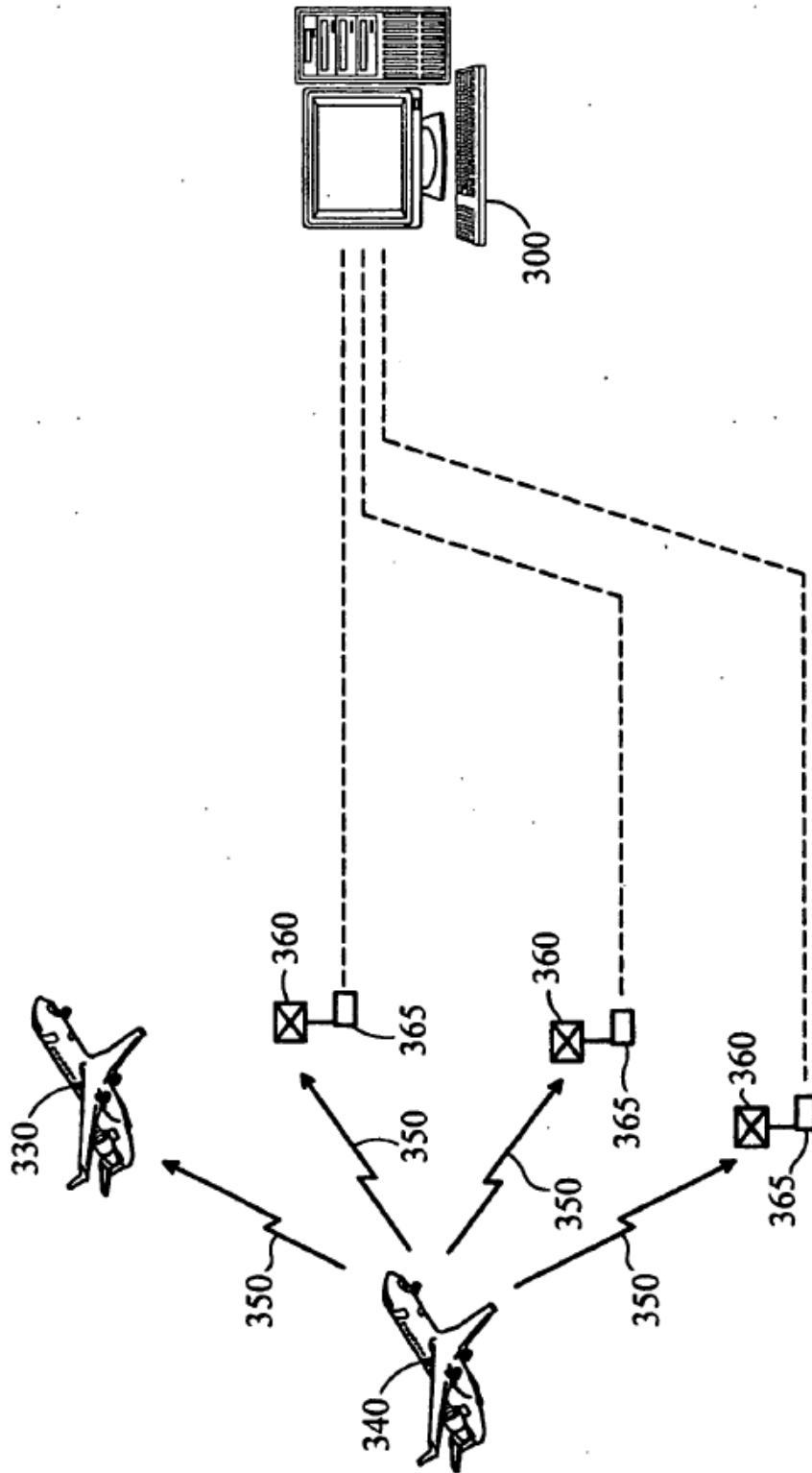


FIG. 11