

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 204**

51 Int. Cl.:

**G08G 5/00** (2006.01)

**H04B 7/185** (2006.01)

**H04H 20/06** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2009 E 09011585 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013 EP 2296128**

54 Título: **Servicios de monitorización y difusión ADB-S para la gestión del tráfico aéreo global usando satélites**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.12.2013**

73 Titular/es:

**THALES ALENIA SPACE DEUTSCHLAND GMBH  
(100.0%)  
Lilienthalstrasse 2  
70825 Korntal-Münchingen, DE**

72 Inventor/es:

**BLOMENHOFER, HELMUT DR.;  
NEUFELDT, HOLGER DR. y  
DODEL, HANS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 435 204 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

Servicios de monitorización y difusión ADS-B para la gestión del tráfico aéreo global usando satélites

5 La presente invención se refiere a una disposición para la vigilancia de aeronaves usando una Monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática, ADS-B. La disposición comprende una pluralidad de estaciones receptoras adaptada cada una para recibir una señal de difusión ADS-B emitida por la aeronave, comprendiendo la señal de difusión información con respecto a la aeronave que emite la señal de difusión, y medios basados en tierra adaptados para procesar las señales difundidas recibidas.

10 Además, la invención se refiere a un procedimiento para la vigilancia de aeronaves que usa la Monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática, ADS-B. El procedimiento comprende las etapas de recibir por al menos una de una pluralidad de estaciones de recepción una señal de difusión de ADS-B emitida por una aeronave, comprendiendo la señal de difusión, información con respecto a la aeronave que emite la señal de difusión, y el procesamiento de las señales de difusión recibidas por los medios de procesamiento basados en tierra.

15 Una disposición y un procedimiento para la monitorización de ADS-B de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y 16 se desvela en el documento EP 2 056 272 A2 así como en el documento WO 2009/112 112 A1, formando este último la técnica anterior en el sentido del Art. 54 (3) EPC.

20 La Gestión del Tráfico Aéreo de hoy en día usa diversas tecnologías de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS) para controlar con seguridad las aeronaves de Puerta a Puerta a lo largo de las diferentes fases del vuelo desde la salida, en ruta, descenso para la aproximación y aterrizaje. Hoy en día, las aeronaves se siguen con radares de superficie primarios (PSR) y secundarios (SSR). En áreas sin cobertura de radar los pilotos tienen que volar de acuerdo con las normas de los procedimientos de vuelo. Recientemente, con la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B) se ha hecho posible seguir la aeronave de transporte aéreo también con las estaciones de tierra de ADS-B complementariamente con los radares. De forma similar a las señales de difusión de radio y de televisión de acuerdo con la presente invención no se dirigen a un receptor específico sino que se puede recibir por cualquier receptor dentro del alcance del transmisor de difusión y técnicamente capaces de recibir las señales de difusión. El principio de ADS-B es la difusión automática, periódica y sin dirección de los datos existentes a bordo por cada aeronave equipada con los transmisores adecuados. Los datos a difundir pueden ser, por ejemplo, la posición, altitud, vector de velocidad, intención, y/o señal de identificación de la aeronave o la clase de la aeronave, etc. La difusión de los datos se realiza principalmente a la frecuencia de aviación de 1090 MHz. Los datos de difusión se pueden recibir en las estaciones terrestres de ADS-B que monitorizan esta frecuencia y extraen las Señales Espontáneas Extendidas de 1090 MHz del Modo S. La información extraída se convierte a continuación en el protocolo normalizado del Control de Tráfico Aéreo (ATC) y se redirige al ATC u otros usuarios.

35 Mirando el flujo del tráfico aéreo a nivel mundial se pueden identificar tres áreas principales de flujo de tráfico aéreo (los llamados espacios aéreos de alta densidad): la zona Continental de los Estados Unidos (CONUS), el Espacio Aéreo de Control de Tráfico Aéreo de la Comunidad Europea (ECAC) y sobre Asia. La Cobertura de Radar completa solo está disponible dentro de estos espacios aéreos de alta densidad.

40 La tecnología de vigilancia ADS-B ha comenzado a usar estaciones receptoras de ADS-B basadas en tierra para monitorizar las Señales Espontáneas Extendidas de 1090 MHz Modo S que se difunden continuamente por cada Aeronave de Transporte Aéreo. Actualmente, hay redes de Estaciones Terrestres de ADS-B instaladas en Australia y en Estados Unidos. La monitorización de ADS-B es un concepto de sistema pasivo, lo que significa que las propias estaciones terrestres solo reciben las señales de difusión emitidas por la aeronave y no transmiten o difunden señales.

Las señales de 1090 MHz del Modo S emitidas por la aeronave son señales de difusión, es decir no se establece ningún enlace de comunicaciones entre la aeronave y la estación terrestre de ADS-B ya que ADS-B es una transmisión sin dirección de los datos existentes a bordo por cada aeronave.

45 En áreas sin radar y/o sin estación terrestre de ADS-B, se tienen que aplicar las normas de la Gestión del Tráfico Aéreo (ATM) de procedimientos de vigilancia. Esto es típico para regiones oceánicas y regiones continentales con infraestructura de ATM débil. Muchas Regiones de Información de Vuelos (FIR) oceánicas no son incluso alcanzables por los sistemas terrestres. Mirando la cobertura de VHF a nivel mundial que se usa para la Comunicaciones de Voz con las aeronaves y el ATC, se puede ver que se presenta una cobertura de VHF completa solo en Estados Unidos continental, junto con la costa este de Sudamérica, Europa, India, Japón, Indonesia, Australia y Nueva Zelanda. Todas las demás áreas, por ejemplo por encima de los océanos, Alaska, enormes partes de África, y enormes partes de Asia no tienen cobertura de VHF en absoluto.

55 Además, en los primeros años de 1990 se introdujo el concepto del Futuro Sistema de Navegación Aérea (FANS-1/A). Incluye el Sistema de Comunicación e Información de las Aeronaves (ACARS). Normalmente los mensajes de ACARS se transmiten en VHF, pero si la aeronave está fuera de cobertura de VHF entonces se establece un enlace SATCOM para comunicar los mensajes ACARS. Para el establecimiento de tales enlaces SATCOM la aeronave tiene que tener el equipo apropiado consistente de una radio de Comunicaciones de Satélite dedicada y la antena. Este equipo no es obligatorio en las aeronaves. Como el SATCOM requiere un esfuerzo de instalación extra y el

servicio es caro, hoy en día solo alrededor del 35% de todas las aeronaves de transporte aéreo se equipan con tal equipo de SATCOM. La aeronave comunica estos mensajes solo cada 15 minutos, debido a los altos costes del servicio SATCOM. El informe del contenido del mensaje de ADS-B a través de un enlace SATCOM se conoce también como ADS-C (C = Contrato). El ADS-C se usa principalmente en el espacio aéreo oceánico y establece un enlace de comunicaciones punto a punto entre la aeronave y las estaciones receptoras.

Hoy en día, las aplicaciones básicas del ADS-B son las Aplicaciones de Vigilancia de Aire a Aire (ASA) y las Aplicaciones de Vigilancia de Aire a Tierra (GSA).

Salida ADS-B:

- ADS-B implica la transmisión regular, no solicitada, de los datos disponibles a bordo de cada aeronave, por cada aeronave (por lo tanto es un servicio automático que suministra datos dependientes).
- Esta información incluye datos de vigilancia, por ejemplo la posición, altitud, vector de velocidad, intención, señal de identificación, clase de aeronave, etc.
- Los mensajes de ADS-B se difunden espontáneamente, regularmente y sin direccionamiento específico.

ASA usando la entrada de ADS-B:

- La aviónica recibe los mensajes de salida de ADS-B de otras aeronaves.
- Esto se requiere para las aplicaciones de aire a aire, por ejemplo el conocimiento mejorado de la situación, aseguramiento de la separación en vuelo, etc.

GSA:

Vigilancia de ATC en áreas sin radar:

- ADS-B proporciona vigilancia de ATC en áreas sin radar (de procedimiento), donde la instalación de radar no está justificada o no es posible.

Es un objetivo de la presente invención superar los inconvenientes mencionados anteriormente, en particular para ofrecer mejores posibilidades de vigilancia de las aeronaves cubriendo una mayor área, con costes reducidos para los usuarios (por ejemplo otras aeronaves, ATC, líneas aéreas, etc.)

Para resolver este objetivo, la presente invención proporciona una disposición y un procedimiento para la vigilancia de las aeronaves que usan la monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática, ADB-S, de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 16. Ventajosas realizaciones adicionales surgen de las sub-reivindicaciones. Por lo tanto, la recepción de las señales de difusión se realiza a través de satélites. Para este propósito se instala en los satélites una antena, por ejemplo del tipo de la Banda L, y un transpondedor transparente, por ejemplo del tipo de la banda L de 1090 MHz. Los satélites reciben las señales difundidas, por ejemplo las señales ES del Modo S de 1090 MHz, las transforman en sus propias frecuencias del enlace descendente y transmiten por el enlace descendente las señales a las estaciones terrestres de satélite.

La invención proporciona una disposición para la vigilancia de aeronaves usando la Monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B) basada en el espacio sobre satélites que tienen estaciones receptoras en la forma de transpondedores transparentes a bordo de los satélites para la recepción de las señales de difusión. Las señales de difusión podrían ser, por ejemplo, la banda de frecuencias de 1090 MHz con su Señal Espontánea Extendida del Modo S (1090 ES). El Transpondedor del Modo S de 1090 MHz (no Señales Espontáneas Extendidas) pertenece al equipo de aeronave a bordo obligatorio y la banda de 1090 MHz es una banda de frecuencia de aviación restringida para uso solo de la aviación. La Señal Espontánea Extendida de 1090 MHz del Modo S está próxima a convertirse también obligatoria. Sus señales se usan ya por los sistemas de estaciones terrestres de ADS-B para proporcionar el conocimiento de la situación de la aeronave para el Control del Tráfico Aéreo (ATC). Adicionalmente o en lugar de recibir las señales de difusión por las estaciones receptoras basadas en tierra, de acuerdo con la presente invención, las señales se reciben sobre satélites y se retransmiten a las estaciones de tierra del satélite usando un transpondedor transparente.

El sistema de satélite podría comprender los satélites de órbita Geoestacionaria (GEO) o de órbita Terrestre Media (MEO) o de Órbita Terrestre Baja (LEO) o cualquier combinación de los satélites LEO / MEO / GEO.

Cuando se usan los satélites GEO, la idea básica es reflejar las señales de difusión emitidas por la aeronave hacia abajo a la tierra usando, por ejemplo un transpondedor transparente de la carga útil sobre los satélites GEO que reciben la banda de 1090 MHz (frecuencia central 1090 MHz +/- 3 MHz). Reflejar simplemente las señales de difusión a la tierra por los transpondedores transparentes en los satélites tiene la ventaja de que solo es necesario muy poco equipo Cualificado para el Espacio en los satélites. El procesamiento real de las señales difundidas se realiza sobre tierra por las estaciones receptoras de ADS-B apropiadas, que reciben la señal de difusión reflejada por el equipo de reflexión provisto en los satélites. Esto tiene la ventaja de que las estaciones receptoras de ADS-B no tienen que cualificarse para el espacio y que debido al peso reducido del equipo de reflexión en comparación con las estaciones receptoras de ADS-B los costes para el lanzamiento de los satélites se reducen. El transpondedor

transparente podría transformar la señal de 1090 MHz a la banda del enlace descendente de GEO (por ejemplo 4 o 12 GHz) y transmitir por el enlace descendente la señal a la estación terrestre de GEO. Típicamente la "huella" de GEO se segmenta en varios centenares de células. Para cada una de las células en la huella de GEO se prevé un receptor terrestre de ADS-B dedicado. En el Centro de Control Terrestre de GEO, o conectado al mismo respectivamente, se establecerá un Centro de Procesamiento de ADS-B lo que incluye una red de receptores de estaciones terrestres de ADS-B y un servidor de diseminación de los datos de ADS-B. Los receptores de ADS-B extraen las señales espontáneas extendidas de 1090 MHz del Modo S sobre tierra para algunas o todas las células dentro de toda la huella de GEO. Por ejemplo, los satélites GEO se operan por Inmarsat, Eutelsat y otros.

Cerca de los receptores de Estación Terrestre de ADS-B se localiza un servidor de ADS-B. El servidor de ADS-B también está al cargo de la diseminación de datos a los diversos Proveedores de Servicios de la Navegación Aérea (ANSP) y las Líneas aéreas. Clasifica los mensajes por usuario (ANSP, Línea aérea, etc.), transforma los mensajes en un formato normalizado de ATC y retransmite los datos a los usuarios.

En una arquitectura alternativa, se podrían usar satélites LEO en lugar de, o complementariamente a los satélites GEO. Por ejemplo, los satélites LEO se operan por Iridium, Globalstar, Thuraya, Orbcomm, y otros. Los satélites LEO tienen que estarán equipados, por ejemplo, con antenas para la banda L, transpondedores transparentes de recepción Cualificados para el Espacio, por ejemplo del tipo de 1090 MHz y dispositivos de almacenamiento. Los satélites LEO almacenan los datos recibidos a bordo del satélite hasta que están al alcance de una estación de control terrestre de satélite para descargar los datos almacenados a la estación terrestre. Para la transmisión por el enlace descendente de las señales difundidas recibidas se pueden usar las frecuencias del enlace descendente de satélite convencionales. El enlace descendente transmite las señales difundidas a una o más estaciones terrestres. Iridium está provisto con Enlaces entre Satélites, que se podrían usar para retransmitir las señales difundidas recibidas por un satélite a otros satélites desde donde se transmiten las señales a las estaciones terrestres. Esto podría reducir las latencias de procesamiento.

Las Estaciones de Control Terrestre de satélite reciben el flujo de la señal de difusión, por ejemplo la señal de 1090 MHz y retransmiten este flujo convertido de nuevo a 1090 MHz al Centro de Procesamiento de ADS-B. Incluye una red de receptores de estaciones terrestres de ADS-B y un servidor de diseminación de datos de ADS-B. Los receptores de la Estación Terrestre de ADS-B procesan las señales, por ejemplo las señales del Modo S de 1090 MHz, y extraen las Señales Espontáneas Extendidas. El servidor de diseminación de datos de ADS-B está al cargo de retransmitir los datos a los diversos Proveedores del Servicio de Navegación Aérea (ANSP), Líneas Aéreas y otros usuarios. Clasifica los mensajes por usuario (ANSP, Línea aérea, etc.), transforma el mensaje en un formato normalizado de ATC y retransmite los datos a los usuarios.

El sistema ATC propuesto basado en satélite permite la vigilancia global de la flota de aeronaves de transporte aéreo a nivel mundial monitorizando las señales del transpondedor del Modo S obligatorio de las aeronaves o cualquier otro vehículo aéreo que difunda la señal de Modo S.

La monitorización de ADS-B basada en el espacio puede bien aumentar (complementar) la monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B) basada en tierra usando satélites para la Monitorización de ADS-B o realizar la monitorización de ADS-B (global) usando satélites como un medio independiente.

Además de las tareas de Control del Tráfico Aéreo (ATC), los datos de ADS-B monitorizados se pueden proporcionar y usar por otras partes. Por ejemplo, la información de ADS-B también se puede usar para informar de la posición de la Aeronave a la Línea Aérea propietaria. Esto puede ser útil en el caso de retrasos o de emergencias. Los datos se podrían usar también por los aeropuertos para actualizaciones en tiempo real de sus planes de vuelo de llegada/salida.

Las ventajas principales de este concepto son que

- no es necesario ningún cambio en la aeronave, porque el transpondedor de 1090 MHz del Modo S ya pertenece al equipo obligatorio de a bordo. Se pueden observar que se espera que las Señales Espontáneas Extendidas de 1090 MHz del Modo S se conviertan también en obligatorias para 2015 en Europa y 2020 en los Estados Unidos.
- no se necesita ningún receptor SATCOM ni antena adicionales a bordo de la aeronave.
- no se necesita ninguna actividad de recertificación de la aeronave, como sería el caso si se tuviese que instalar equipo adicional.
- los mensajes de ACARS (Sistema de Información y Comunicación de Aeronaves) basados en SATCOM se transmiten solo cada 15 minutos. La tasa de actualización esperada del concepto presentado estará en el intervalo de varios segundos con bajas latencias.

Además, la disposición de acuerdo con la invención también podría proporcionar la Redifusión de ADS-B (ADS-R), la Difusión del Servicio de Información de Tráfico (TIS-B) y la Difusión de la Información de Vuelo (FIS-B) usando 1090 ES sobre Satélites. ADS-R es la redifusión sobre un primer sistema ADS-B de información de vigilancia recibida a través de un segundo sistema de ADS-B. El ADS-R proporciona interoperabilidad en el espacio aéreo donde están operando múltiples sistemas de ADS-B diferentes. El principal uso de TIS-B es complementar la

operación de ADS-B proporcionando la difusión de los datos de vigilancia sobre la aeronave que no está equipada para la Salida de ADS-B de 1090 MHz como una ayuda a la transición a un entorno de ADS-B global. La base para estos datos de vigilancia puede ser un radar de Modo S del control del tráfico aéreo (ATC), un sistema de superficie o de aproximación de multi-laterización, o un sistema de procesamiento de datos multi-sensor. Las transmisiones de TIS-B usan los mismos formatos de señal que ADS-B de 1090 MHz y por lo tanto se pueden aceptar por un receptor de ADS-B de 1090 MHz. Por supuesto los servicios de ADS-R, TIS-B y FIS-B a través de SATCOM sobre frecuencias de AMSS (Servicios de Satélite Móvil Aeronáuticos) son conocidos. Sin embargo, de acuerdo con la presente invención estos servicios se proporcionan sobre las frecuencias de aviación (por ejemplo, 1090 MHz, 978 MHz). Esto permite el uso de hardware más pequeño, más ligero y más barato en la aeronave y en los satélites que cuando se usa SATCOM.

Además, la disposición de acuerdo con la invención también podría proporcionar la Redifusión de ADS-B (ADS-R), la Difusión del Servicio de Información de Tráfico (TIS-B) y la Difusión del Servicio de Información de Vuelo (FIS-B) sobre una frecuencia distinta que la frecuencia monitorizada para el ADS-B. Por ejemplo, si la monitorización de ADS-B se realiza vía satélite sobre la base de las Señales Espontáneas Extendidas de 1090 MHz del Modo S, entonces se podrían realizar el ADS-R, TIS-B y FIS-B sobre el UAT de 978 MHz.

Aparte de las Señales Espontáneas Extendidas del Modo S de 1090 MHz (1090 ES), las señales difundidas también podrían comprender las señales del Transceptor de Acceso Universal (UAT) a 978 MHz o las señales del Modo 4 del Enlace de Datos de VHF (VDL Modo 4). Por supuesto, también sería posible que las señales de difusión sean señales difundidas sobre otras bandas de frecuencia y/o con otros protocolos distintos que los mencionados explícitamente anteriormente.

En la disposición de acuerdo con la invención puede haber alguna redundancia de los datos porque las señales espontáneas del Modo S desde una aeronave se recibirán posiblemente por varios satélites. Esta redundancia de datos se puede usar para comprobar la integridad en los servidores de ADS-B sobre tierra. Si la geometría de los satélites y la redundancia de recepción para múltiples satélites están suficientemente disponibles, entonces también es posible una multi-laterización y se podrían aplicar las tecnologías de multi-laterización para monitorizar la integridad usando un mínimo de dos señales redundantes recibidas por dos o más satélites diferentes que reciben la misma señal de difusión. Con un mínimo de cuatro señales redundantes / satélites contribuyentes la multi-laterización se podría usar también para detectar la aeronave que difunde las señales del transpondedor de 1090 MHz del Modo S, no limitadas a las señales espontáneas extendidas que se usan por ADS-B e incluyendo también de este modo las aeronaves dentro del procedimiento de vigilancia que no están equipadas con ADS-B.

La presente invención permite monitorizar el tráfico aéreo a nivel mundial observando las Señales Espontáneas Extendidas del Modo S de 1090 MHz o cualquier otra señal de difusión apropiada usando satélites. Las Señales Espontáneas Extendidas del Modo S de 1090 MHz es un equipo existente obligatorio de las aeronaves. Permite monitorizar todas las aeronaves cooperativas equipadas con 1090 ES y otros vehículos aeronáuticos. Además se podrían monitorizar el UAT y/o VDL Modo 4 y/o cualquier otra señal, que también se difunda dese un vehículo aéreo.

Un aspecto importante de la presente invención es usar los satélites para obtener tanta cobertura como sea posible pero realizando sobre tierra tanto procesamiento de las señales de difusión recibidas como sea posible, simplificando por lo tanto el equipo a bordo del satélite y reduciendo los costes para la realización de la presente invención.

En adelante en este documento se efectúa una propuesta sobre cómo modular la frecuencia de las señales de vigilancia del tráfico aéreo de forma eficaz de modo que se mejore la capacidad de la tasa de transferencia, en particular en el espectro de frecuencias de radio en el intervalo de 1087 hasta 1093 MHz. Para realizar la monitorización del tráfico aéreo por medio de señales de radio emitidas y difundidas automáticamente por la aeronave en vuelo o en tierra, para el propósito de la vigilancia de tráfico aéreo (Difusión de Vigilancia Dependiente Automática; ADS-B), se puede emplear un procedimiento de modulación que sea insensible a las imperfecciones de propagación que impactan sobre la frecuencia, sobre la amplitud o sobre la fase de las señales de radio.

En cambio, se recurre a la posición en el tiempo (en una ventana de tiempo) de un impulso de radio modulado sobre una portadora de frecuencia de radio, esta posición del impulso que transporta la información, por ejemplo, un dígito "0" para la posición "Pronto" en la trama de tiempo de referencia, o un dígito "1" para la posición "Tarde" en la trama de tiempo de referencia, respectivamente.

Este procedimiento se conoce como Modulación de la Posición de Impulsos (PPM). El procedimiento de ADS-B existente emplea la Modulación de la Posición de Impulsos (PPM) con dos estados ( $M = 2$ ), las posiciones "Pronto" con relación al centro de la ventana de la trama de tiempo de referencia, y la posición "Tarde" con relación al centro de la ventana de la trama de tiempo de referencia. El procedimiento hace uso del espectro de frecuencias desde 1087 a 1093 MHz.

En el procedimiento de acuerdo con la presente invención se hace uso de la trama de tiempo de posición de impulso (la ventana de tiempo) para acomodar más de dos posiciones de impulso, por ejemplo cuatro posiciones de impulso ( $M = 4$ ) para transportar la información digital "00", "01", "11" y "10" en las comunicaciones digitales para los estados

de posición de impulso "Muy Pronto", "Pronto", "Tarde" y "Muy Tarde" con relación a la trama de tiempo de referencia (la ventana de tiempo). El procedimiento propuesto hace uso y comparte el espectro de frecuencia existente que varía de 1087 a 1093 MHz.

5 De este modo, con el procedimiento propuesto, la tasa de transferencia del canal de frecuencias de radio se duplicará a dos bits por posición de impulso ( $M = 4$ ) en lugar de un bit por posición de impulso ( $M = 2$ ), transportados en el mismo espectro de frecuencias de radio.

En el procedimiento, este procedimiento no requiere un cambio para el equipo de frecuencia de radio de la aeronave del sistema ADS-B, y el procedimiento no requiere un cambio de la asignación regulatoria de frecuencias de radio, y de este modo no requiere la coordinación de espectros de frecuencias.

10 Además, la implementación del procedimiento no requiere ningún cambio o modificaciones al equipo existente de la aeronave sino que es compatible hacia delante y hacia atrás. Las aeronaves equipadas actualmente con sistemas de transmisión de radio de ADS-B ( $M = 2$ ) son operables con estaciones de recepción equipadas con el procedimiento propuesto ADS-B ( $M = 4$ ), y las aeronaves equipadas con sistemas de transmisión de radio propuesto de ADS-B ( $M = 4$ ) son operables con las estaciones de recepción normalizadas de ADS-B ( $M = 2$ ).

15 En adelante en este documento, la presente invención se explica en detalle con referencia a las figuras adjuntas. Las figuras muestran:

la Fig. 1 una disposición para la vigilancia de aeronaves de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

la Fig. 2 un ejemplo para la cobertura a nivel mundial por un sistema de satélites LEO;

20 la Fig. 3 un ejemplo para la cobertura a nivel mundial por un sistema de satélites GEO;

la Fig. 4 una disposición conocida para la vigilancia de aeronaves.

La Fig. 4 muestra una disposición conocida para la vigilancia de aeronaves. La disposición sirve para la vigilancia de aeronaves 1, 2 y posiblemente también de otros vehículos aerotransportados. Las aeronaves 1, 2 están provistas cada una con una estación de difusión 3, 4. Las estaciones 3, 4 emiten de forma regular señales de difusión, por ejemplo las Señales Espontáneas Extendidas del Modo S de 1090 ES (1090 ES), que se pueden recibir por cualquier estación de recepción dentro del alcance de la señal. Para subrayar las propiedades de difusión de la señal se dibujan círculos concéntricos alrededor de las estaciones de difusión 3, 4 en la Fig. 4. Estos círculos corresponden a una primera señal de difusión 5 emitida por una primera estación de difusión 3 y a una segunda señal de difusión 6 emitida por una segunda estación de difusión 4. Tal disposición se conoce en la técnica anterior como la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B).

La disposición de ADS-B conocida comprende además una pluralidad de estaciones receptoras basadas en tierra, por ejemplo las estaciones receptoras 7, 8 mostradas en la Fig. 4. Las estaciones receptoras 7, 8 están separadas entre sí. Están conectadas a un centro de procesamiento de ADS-B 11 a través de enlaces de transmisión de datos 9, 10. Los enlaces de transmisión de datos 9, 10 se pueden realizar como cables, inalámbricos o de cualquier otro modo. El centro 11 se opera a menudo por una autoridad de control de tráfico aéreo nacional o regional, por ejemplo la "Deutsche Flugsicherung (DFS)" o la "Maastrich Upper Area Control (MUAC)".

La aeronave 1, 2 transmite de forma regular espontáneamente y sin dirección de recepción específica las señales de difusión 5, 6. Las señales 1090 - ES 5, 6 comprenden información con respecto a las aeronaves 1, 2 que emiten las señales 5, 6. La información puede comprender por ejemplo, la posición, la altitud, la velocidad, la dirección, la localización de partida, el destino, o la señal de identificación de la aeronave, o la clase de aeronave, etc.

En la técnica anterior, las señales de difusión 5, 6 emitidas por las unidades de transmisión 3, 4 se reciben por las estaciones de recepción basadas en tierra 7, 8 (véanse las flechas 5' y 6'). Se enfatiza que las flechas 5' y 6' solo sirven para propósitos de ilustración y no significan que se establezca un enlace punto a punto entre las estaciones de transmisión 3, 4 y las estaciones de recepción 7, 8. Por el contrario, las señales de difusión 5, 6 son señales que se pueden recibir por cualquier estación de recepción dentro del alcance de las señales. Al menos parte de la información con respecto a la aeronave 1, 2 contenida en las señales de difusión recibidas 5, 6 se transmite a través de las conexiones de datos 9, 10 al centro de procesamiento de ADS-B 11 u otras organizaciones, donde están disponibles para un procesamiento adicional. Por medio de la información disponible en el centro 11 se puede realizar la aplicación de vigilancia llamada de aire a tierra (GSA) con alta precisión.

50 Además, las señales de difusión 5, 6 emitidas por una de las aeronaves 1, 2 también se pueden recibir por otras aeronaves dentro del alcance de la señal 5, 6. En la aeronave receptora, las señales de difusión recibidas 5, 6 se pueden usar, por ejemplo para la realización de un Sistema de Evitación de Colisión de Tráfico (TCAS).

Sin embargo, un inconveniente de la disposición conocida es que las señales de difusión 5, 6 emitidas por la aeronave 1, 2 solo se pueden recibir en las regiones equipadas con las estaciones de recepción apropiadas 7, 8.

Para superar este inconveniente la presente invención sugiere que los satélites se equipen con estaciones receptoras en la forma de transpondedores transparente para recibir las señales de difusión emitidas por la aeronave 1, 2. Una vista esquemática de una disposición para la vigilancia de aeronaves que usa una monitorización de ADS-B de acuerdo con la presente invención se muestra en la Fig. 1. Una diferencia importante con la disposición conocida es el hecho de que al menos algunas de las estaciones receptoras ya no están basadas en tierra sino colocadas en órbita. La Fig. 1 muestra a modo de ejemplo dos estaciones de recepción basadas en satélite 20, 26. Las estaciones de recepción de satélite 20, 26 se proporcionan además de las estaciones receptoras basadas en tierra 7, 22. Por supuesto, sería posible proporcionar una disposición para la vigilancia de aeronaves usando una monitorización de ADS-B exclusivamente equipada con estaciones de recepción de satélite 20, 26.

Las estaciones de recepción basadas en satélite 20, 26 comprenden una antena de recepción - transmisión, como la antena 20' del satélite 20. Los transpondedores transparentes transforman la señal de difusión recibida 5, 6 a una frecuencia para su transmisión desde el satélite 20 a otros satélites 26 o su transmisión por el enlace descendente a estaciones receptoras de satélite basadas en tierra, como la estación 22. Si la señal de difusión recibida 5, 6 se transmite por el enlace descendente a una estación basada en tierra, los transpondedores transforman la señal de difusión recibida 5, 6 a una frecuencia del enlace descendente, por ejemplo alrededor de 4 GHz (Banda C), alrededor de 12 GHz (Banda Ku), alrededor de 20 GHz (Banda Ka) o cualquier otra frecuencia. Las señales difundidas recibidas 5, 6 se pueden transmitir directamente a las estaciones terrestres 22, o retransmitirse a las estaciones terrestres 22 por otros satélites, como el satélite 26 retransmite las señales recibidas desde el satélite 20 que recibió las señales de difusión 5, 6. El procesamiento real de la información extraída, por ejemplo para la realización de GSA, se realiza preferentemente en la estación de procesamiento de ADS-B basada en tierra 11.

La recepción de las señales de difusión emitidas 5, 6 por la estación de recepción de satélite 20 se muestra en la Fig. 1 simbólicamente por las flechas 5'', 6''. Las señales de difusión recibidas 5, 6 o la información de ADS-B contenida en las mismas, respectivamente, se transmiten a través de un enlace de aire a tierra 27 a la estación de control basada en tierra del satélite 22. En esta, la señal se redirige adicionalmente al centro de procesamiento de ADS-B 11 a través de la conexión de datos 23.

Las estaciones basadas en tierra 7 y 22 difieren entre sí en que la estación 7 está adaptada para recibir las señales de difusión 5, 6 emitidas por la aeronave 1, 2. En contraste con esta, la estación 22 es una estación de control de satélite y no puede recibir las señales de difusión 5, 6. En cambio, las señales de difusión se reciben por estaciones de recepción basadas en el espacio 20, 26 (los transpondedores transparentes). La estación 22 está adaptada para recibir las señales de difusión recibidas 5, 6 desde las estaciones de recepción de satélite 20 o desde satélites de retransmisión 26.

La presente invención proporciona una disposición para la monitorización de ADS-B basada en el espacio con uso de estaciones de recepción de satélite 20, que reciben las señales 1090 ES 5, 6 emitidas por la aeronave 1, 2, o cualquier otra clase de señales de difusión adaptadas emitidas por la aeronave 1, 2. Tales señales de difusión también podrían comprender, por ejemplo, las señales del Transceptor de Acceso Universal (UAT) a 978 MHz o señales del Modo 4 del Enlace de Datos de VHF (VDL Modo 4) o señales de difusión diferentes en formato y protocolo a las de 1090 ES, el UAT, y el Modo 4 de VDL.

Además, la disposición de acuerdo con la presente invención puede proporcionar una redifusión de ADS-B (ADS-R), una difusión del servicio de información de tráfico (TIS-B) y una difusión de la información de vuelo (FIS) usando las señales de difusión 5, 6 a través de la estación de recepción de satélite 20.

La Fig. 2 muestra la cobertura a nivel mundial de los satélites de órbita terrestre baja (LEO), que se podrían usar como estaciones de recepción de satélite 20, 26 de acuerdo con la presente invención. La Fig. 2 muestra las áreas de Asia 30, Australia 31, USA 32, Sudamérica 33, Europa 34, y África 35. Áreas enteras están casi completamente cubiertas con círculos o elipses, respetivamente. Cada uno de los círculos o elipses que corresponde con la cobertura por un único satélite LEO se llama "huella". Por supuesto, la cobertura mostrada en la Fig. 2 es solo de ejemplo y una instantánea en cierto punto en el tiempo ya que las satélites LEO se mueven con respecto a la superficie de la tierra y sus órbitas respectivas.

La Fig. 3 muestra otro ejemplo para el área de cobertura de los satélites Geoestacionarios (GEO), que podrían usarse también como estaciones de recepción de satélite 20, 26, de acuerdo con la presente invención. Los satélites GEO se posicionan en una posición fija con respecto a la superficie terrestre. Cada satélite GEO cubre un área mucho mayor que los satélites LEO. El área cubierta por un único satélite GEO se llama "huella". La Fig. 2 muestra dos huellas 40, 41. Cada huella 40, 41 comprende hasta varios cientos de células. Una cierta parte de la antena de recepción / transmisión del satélite GEO se asigna a cierta célula de la huella 40, 41.

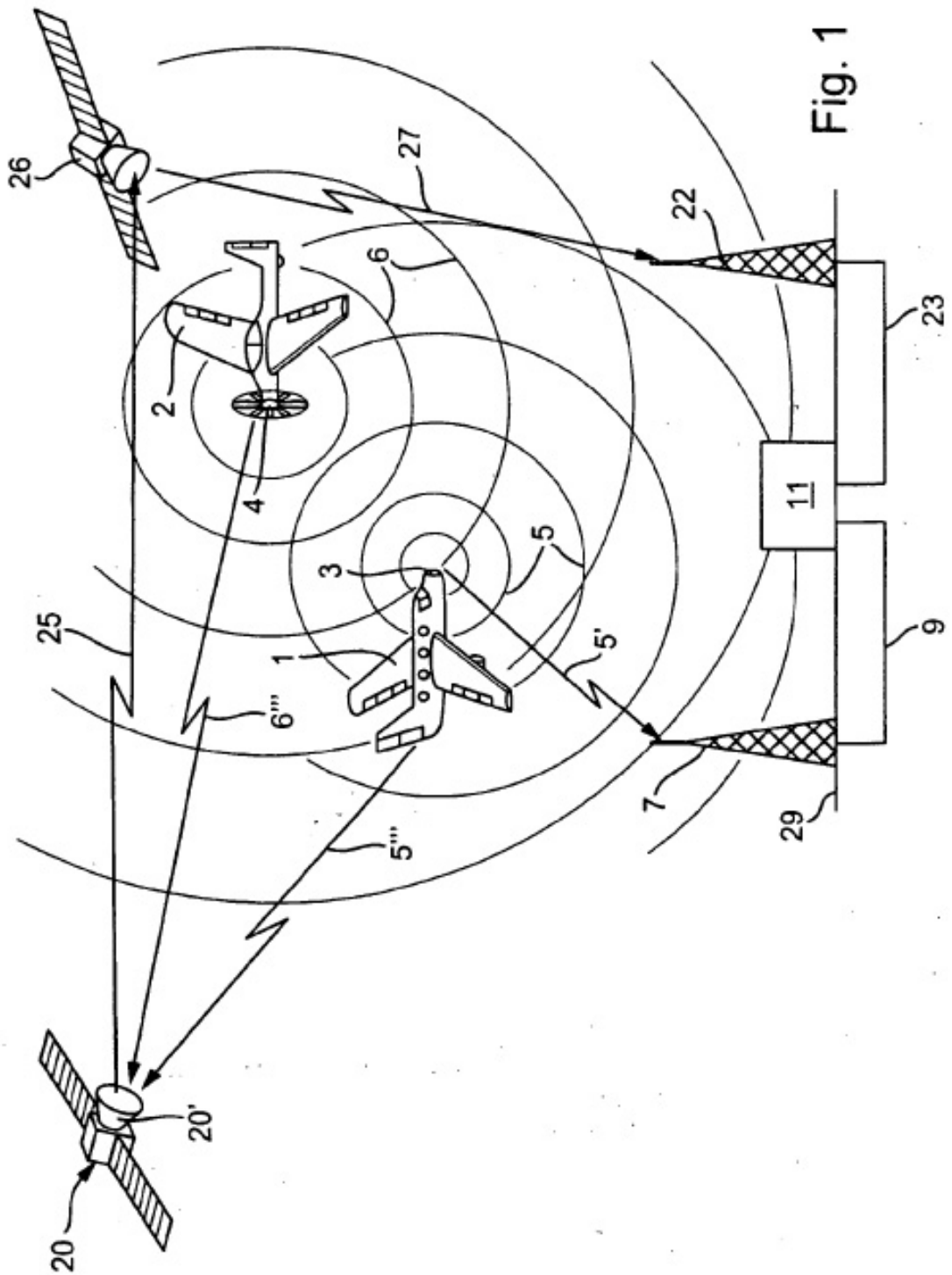
## REIVINDICACIONES

1. Una disposición para la vigilancia de aeronaves que usa una Monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática, ADS-B, que comprende una pluralidad de estaciones de recepción (20, 26, 7) adaptada cada una para la recepción de una señal de difusión de ADS-B (5, 6) emitida por una aeronave (1, 2),  
5 comprendiendo la señal de difusión (5, 6) información con respecto a la aeronave (1, 2) que emite la señal de difusión (5, 6), y medios basados en tierra (11) adaptados para el procesamiento de las señales de difusión recibidas (5, 6), **caracterizada porque** al menos algunas de las estaciones de recepción (20, 26) y las antenas (20') están localizadas sobre satélites, estando las estaciones de recepción (20, 26) localizadas en los satélites en la forma de:  
10 transpondedores transparentes, en donde los transpondedores transparentes están adaptados para reflejar la señal de difusión de ADS-B (5, 6), a medios de procesamiento basados en tierra (11) recibiendo la señal de difusión (5, 6), transformándola a la frecuencia del enlace descendente de los satélites y transmitiendo por el enlace descendente la señal de difusión (5, 6) a los medios de procesamiento basados en tierra (11).
2. La disposición de acuerdo con la reivindicación 1, en la que las estaciones de recepción (20, 26) están adaptadas para recibir una de las Señales Espontáneas Extendidas del Modo S de 1090 MHz, 1090 MS ES, el Transceptor de Acceso Universal, UAT, a 978 MHz, y el Modo 4 del Enlace de Datos de VHF, VDL Modo 4 como la señal de  
15 difusión.
3. La disposición de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que al menos algunos de los satélites (20, 26) son satélites que orbitan, en la Órbita Terrestre Baja, LEO.
4. La disposición de acuerdo con la reivindicación 1 a 3, en la que al menos algunos de los satélites (20, 26) son  
20 satélites que orbitan, en la Órbita Terrestre Media, MEO.
5. La disposición de acuerdo con la reivindicación 1 a 4, en la que al menos algunos de los satélites (20, 26) son satélites que orbitan de forma Geoestacionaria, GEO.
6. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de procesamiento basados en tierra (11) están adaptados para usar la redundancia de datos de una señal de difusión  
25 (5, 6) recibida por más de una estación de recepción (20, 26) para comprobación de la integridad.
7. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de procesamiento basados en tierra (11) están adaptados para usar técnicas de multi-laterización para detectar la aeronave (1, 2) que emite solo la señal de difusión de 1090 MS (5, 6) pero no las Señales Esporádicas Extendidas de 1090 MS.
8. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de  
30 procesamiento basados en tierra (11) comprenden un único o múltiples receptores de ADS-B.
9. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de procesamiento basados en tierra (11) están adaptados para extraer mensajes de las señales de difusión (5, 6), conteniendo los mensajes los datos de a bordo con respecto a la aeronave (1, 2) y sus parámetros de vuelo.
10. La disposición de acuerdo con la reivindicación 9, en la que los medios de procesamiento basados en tierra (11)  
35 están adaptados para diseminar los datos extraídos a los usuarios.
11. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los satélites (20, 26) comprenden medios adaptados para la redifusión de las señales de difusión recibidas (5, 6) a los otros satélites o aeronaves, como la Redifusión de Vigilancia Dependiente Automática, ADS-R.
12. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los satélites (20, 26)  
40 comprenden un medio adaptado para difundir la Difusión del Servicio de Información de Tráfico, TIS-B.
13. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los satélites (20, 26) comprenden un medio adaptado para difundir la Difusión del Servicio de Información de Vuelo, FIS-B.
14. La disposición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de 11 a 13, en la que el medio para la redifusión de las señales ADS-R y/o el medio para la difusión de las señales TIS-B y/o FIS-B están adaptados para  
45 transmitir las señales de ADS-R, TIS-B y/o FIS-B sobre una frecuencia diferente de la frecuencia sobre la cual las estaciones receptoras (20, 26) reciben las señales de difusión.
15. La disposición de acuerdo con la reivindicación 14, en la que las estaciones receptoras (20, 26) están adaptadas para recibir las señales de difusión sobre 1090 MHz ES y que el medio para la redifusión de las señales ADS-R y/o  
50 el medio para la difusión de las señales TIS-B y/o FIS-B están adaptados para transmitir las señales ADS-R, TIS-B y/o FIS-B sobre el UAT de 978 MHz.
16. El procedimiento para la vigilancia de aeronaves que usa la Monitorización de la Difusión de Vigilancia Dependiente Automática, ADS-B, que comprende recibir por al menos una de una pluralidad de estaciones de



recepción (20, 26, 7) una señal de difusión de ADS-B (5, 6) emitida por una aeronave (1, 2), comprendiendo la señal de difusión (5, 6) información con respecto a la aeronave (1, 2) que emite la señal de difusión (5, 6) y procesar las señales de difusión recibidas (5, 6) por el medio de procesamiento basado en tierra (11) **caracterizado porque** se recibe la señal de difusión de ADS-B (5, 6) y

- 5 se refleja a los medios de procesamiento basados en tierra (11) por un transpondedor transparente dispuesto sobre un satélite (20, 26), recibiendo dicho transpondedor transparente la señal de difusión (5, 6), transformándola a la frecuencia del enlace descendente del satélite y transmitiendo por el enlace descendente la señal de difusión (5, 6) a los medios de procesamiento basados en tierra (11).



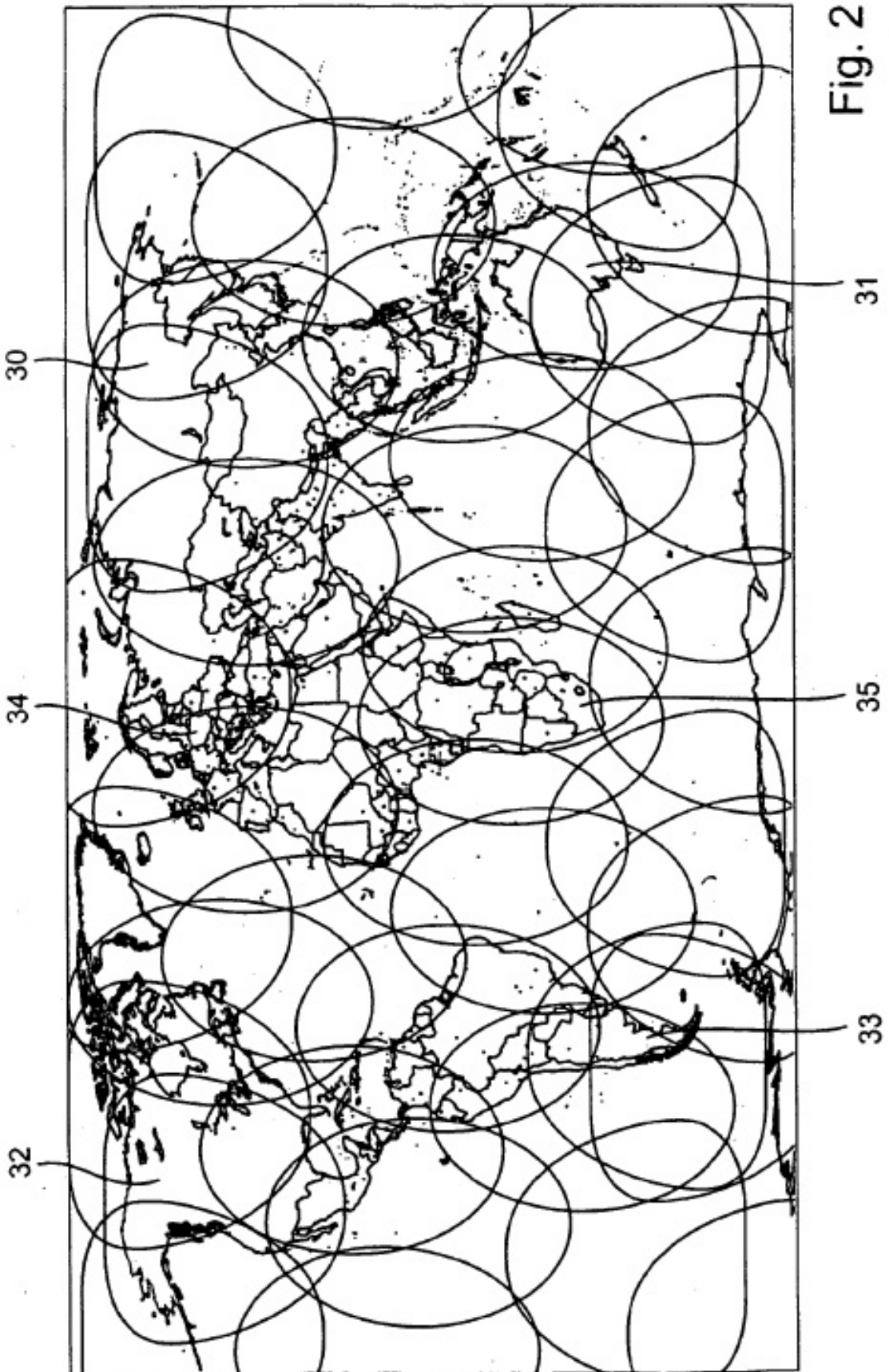
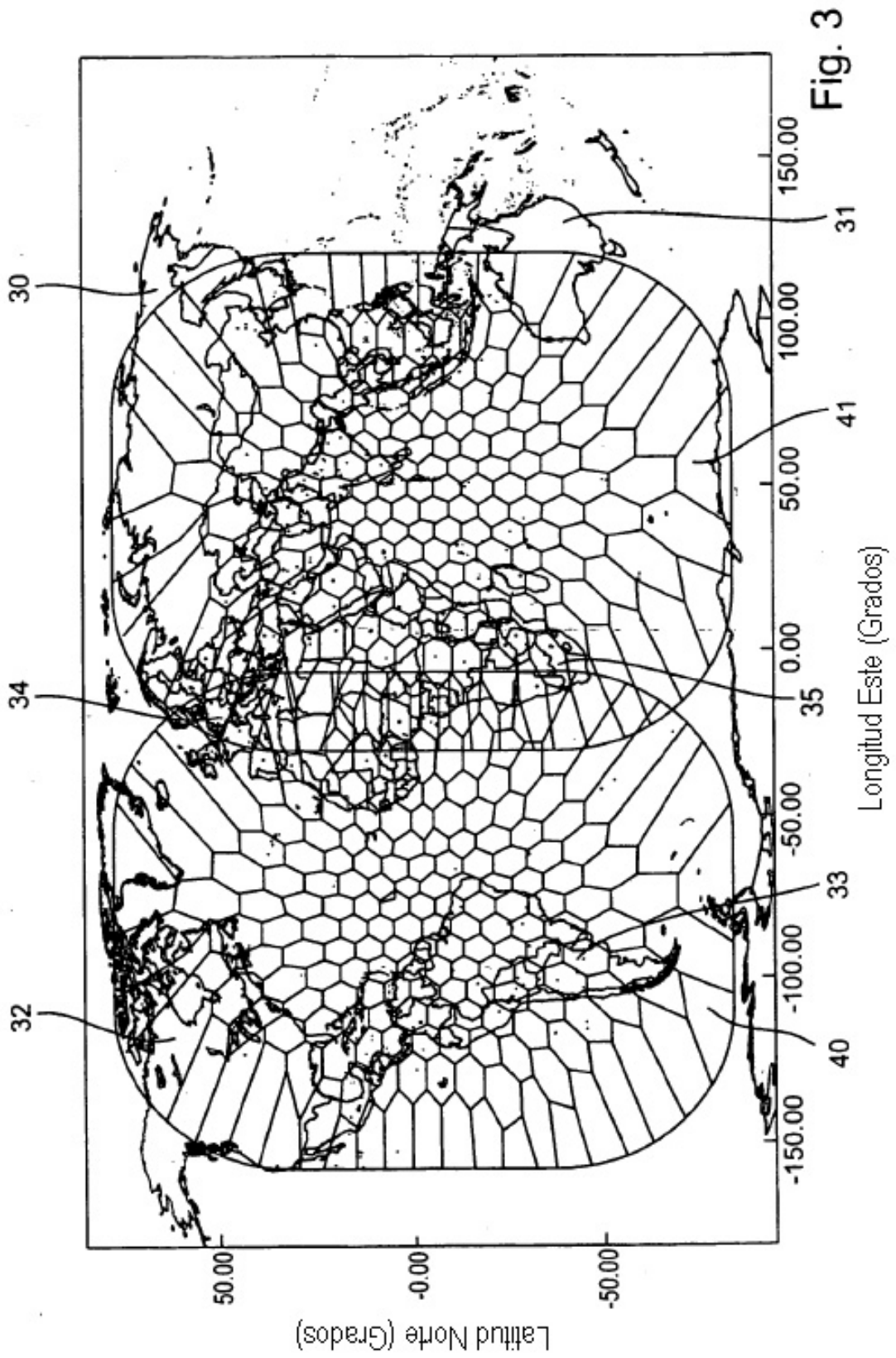


Fig. 2



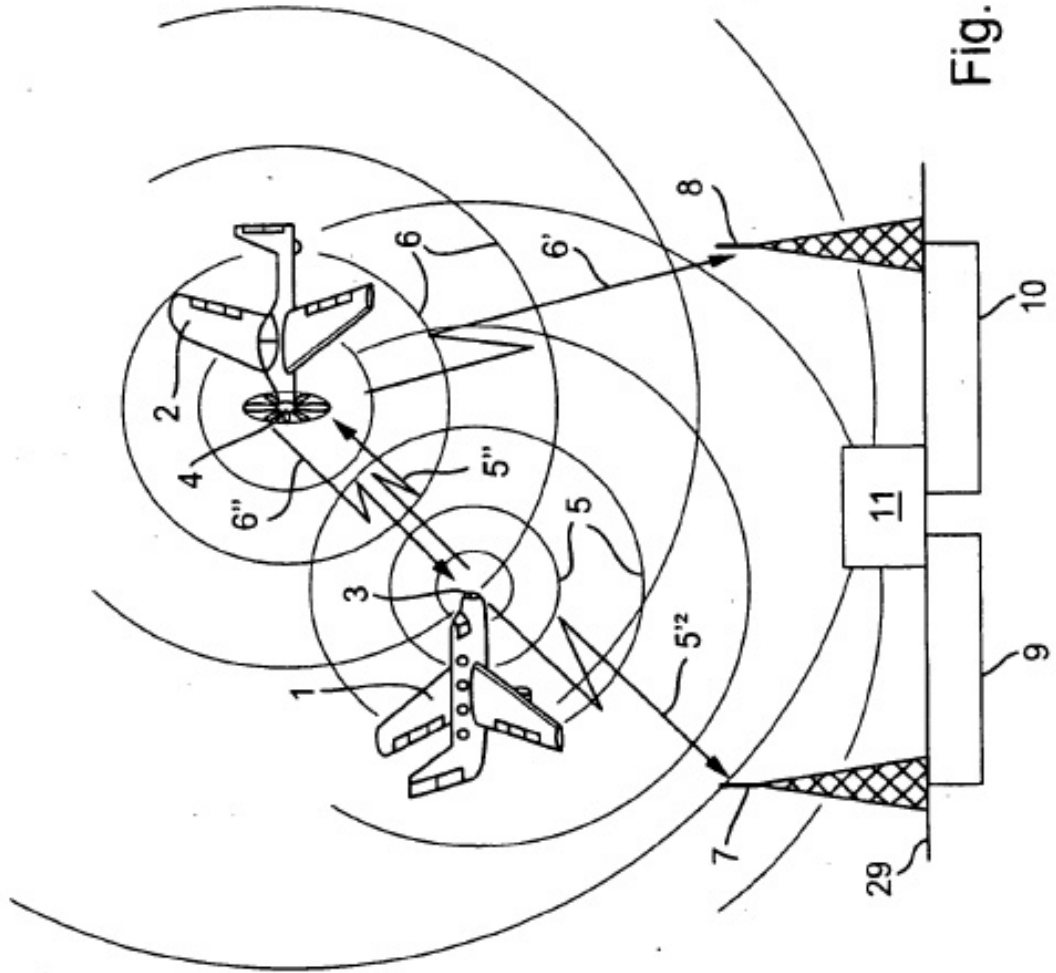


Fig. 4 (Estado de la Técnica)