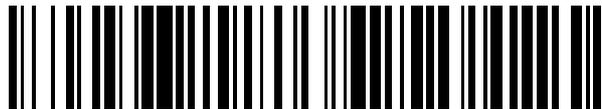


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 438 784**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/78** (2006.01)

**G01S 7/00** (2006.01)

**G01S 13/87** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2010 E 10725117 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 2440950**

54 Título: **Sistema de radar secundario de vigilancia para un control de tráfico aéreo**

30 Prioridad:

**12.06.2009 EP 09007741**

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

**20.01.2014**

73 Titular/es:

**THALES DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)  
Lorenzstrasse 10  
70435 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**PAWLITZKI, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 438 784 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 de radar secundario de vigilancia para un control de tráfico aéreo

La presente invención se refiere a un sistema de radar secundario de vigilancia, denominado en lo sucesivo SSR, para un control de tráfico aéreo. El sistema de SSR comprende una pluralidad de estaciones de radar secundario y está adaptado para determinar la ubicación de un vehículo de tráfico aéreo dentro del alcance de cobertura de al menos algunas de las estaciones de radar secundario. La ubicación del vehículo de tráfico aéreo se determina por medio de una medición del tiempo de propagación de señales de datos transmitidas entre las estaciones de radar secundario y un transpondedor del vehículo de tráfico aéreo. Para poder habilitar una medición exacta del tiempo de propagación, para permitir una comparación de los tiempos medidos de propagación por medio de las estaciones de radar secundario y para permitir un cálculo fiable de la ubicación del vehículo de tráfico aéreo por medio del procedimiento denominado de multilateración o posicionamiento hiperbólico, cada una de las estaciones de radar secundario funciona con una base de tiempos local sincronizada. La estación de radar secundario del sistema de SSR se sincroniza dependiendo del contenido de las señales de sincronización recibidas por la estación de radar secundario que a sincronizar, y difundidas por una de las otras estaciones de radar secundario del sistema de SSR. La invención también se refiere a un procedimiento correspondiente para un control del tráfico aéreo por medio de tal sistema de SSR.

Principalmente, se puede llevar a cabo la medición del tiempo de propagación de dos formas distintas: el vehículo aéreo difunde una señal que es recibida por las estaciones base terrestres que miden el “la diferencia de hora de llegada”, o se lleva a cabo una medición del tiempo real de propagación de las señales transmitidas.

El radar secundario de vigilancia es denominado “secundario”, para distinguirlo del “radar primario” que funciona al rebotar de forma pasiva una señal de radio del revestimiento metálico de un vehículo de tráfico aéreo, por ejemplo una aeronave. El radar primario funciona mejor con aeronaves grandes completamente metálicas, pero no tan bien en aeronaves pequeñas de material compuesto. Su alcance también está limitado por el terreno y las condiciones meteorológicas (por ejemplo, lluvia o nieve), y también detecta objetos no deseados tales como automóviles, colinas y árboles. Además, no todos los radares primarios pueden estimar la altitud de una aeronave. El radar secundario supera estas limitaciones pero depende de un transpondedor en la aeronave para responder a interrogaciones dedicadas procedentes de las estaciones de radar secundario, por ejemplo estaciones terrestres, para hacer a la aeronave más visible y para informar de la altitud de la aeronave y de otra información relacionada con la aeronave.

Un sistema de radar secundario de vigilancia (SSR) es un sistema de radar utilizado en el control del tráfico aéreo (ATC) y también en sistemas anticolidión de a bordo (ACAS). Los sistemas de SSR no solo detectan y miden la posición de una aeronave sino que también solicitan información adicional de la propia aeronave, tales como la identidad y la altitud. A diferencia de los sistemas de radar primario, que únicamente miden el alcance y el rumbo de objetivos al detectar señales reflejadas de radio, SSR depende de que sus objetivos estén equipados con un transpondedor de radar, que o bien transmite en ciertos instantes temporales, por ejemplo de forma regular, una señal que contiene datos codificados o responde a una señal dedicada de interrogación al transmitir una señal de respuesta que contiene datos codificados. El sistema de SSR utiliza datos codificados para ubicar la posición del transpondedor y de la aeronave, respectivamente, mediante multilateración.

Las estaciones de radar secundario son estaciones base ubicadas en ciertas posiciones fijas en tierra. La posición de las estaciones de radar secundario es conocida por una unidad central de procesamiento, a la que están conectadas las estaciones base, y utilizada para determinar la posición del transpondedor y de la aeronave. Un sistema de SSR que utiliza multilateración para detectar la posición y la altitud de la aeronave depende de una sincronización precisa de las bases de tiempos locales de todas las estaciones de radar secundario del sistema de SSR. Las técnicas utilizadas en la actualidad para la sincronización de multilateración son:

- Sincronización por medio de un reloj externo (modo de reloj común), proporcionada normalmente la señal de reloj externo por medio de un GPS (Sistema de posicionamiento global) o un GNSS (Sistema de navegación global por satélite) y recibida por receptores de GPS o GNSS proporcionados en las estaciones de radar secundario.
- Sincronización unidireccional por medio de un transmisor adicional de calibración separado, por ejemplo por medio de una señal de alta frecuencia (HF) emitida por el transmisor. Las estaciones de radar secundario están ubicadas en el área de cobertura del transmisor de calibración y solo puede recibir señales de calibración del transmisor de calibración, pero no puede transmitir señales al transmisor de calibración. Todas las estaciones de radar secundario sincronizadas por medio del mismo transmisor de calibración forman lo que se denomina agrupación. La interrelación entre dos agrupaciones se forma porque una de las estaciones de radar secundario recibe señales de calibración de dos o más transmisores de calibración y porque la diferencia entre los dos o más bases de tiempo de agrupaciones es comunicada a una unidad central de procesamiento. En sistemas más grandes o en sistemas de WAM (multilateración de área amplia), el área deseada de cobertura puede superar el área cubierta por un único transmisor de calibración; tienen que establecerse múltiples agrupaciones, cada una con su propia base de tiempos, y tienen que estar puenteadas. Los mensajes de sincronización que sirven para la sincronización de las estaciones de una agrupación no contienen información útil para la sincronización. La

sincronización se lleva a cabo simplemente dependiendo de la hora de llegada de los mensajes de sincronización, el contenido de los mensajes de sincronización no tiene ninguna importancia para la sincronización.

5 Los documentos GB 2 250 154 A y EP 0 653 643 A describen sistemas de multilateración, cuyas estaciones base tienen que estar sincronizadas. Las fuentes de sincronización utilizadas en estas referencias de la técnica anterior es una señal de HF. La señal comprende un identificador (ID) de la estación base que transmite la señal. Las estaciones base receptoras remiten el ID junto con información en relación con la hora de llegada (TOA) de la señal en la estación base receptora a una unidad central de procesamiento, a la que están conectadas las estaciones base. Las posiciones definidas de las estaciones base son conocidas en la unidad central de procesamiento. La  
10 unidad central de procesamiento determina un desfase para los relojes internos de las diversas estaciones base receptoras a partir del ID, de la TOA y de las posiciones de las estaciones base. Por lo tanto, el procedimiento conocido de sincronización necesita una unidad central de procesamiento adicional separada, a la que van a ser conectadas todas las estaciones base, para llevar a cabo la sincronización de las estaciones base. Además, la señal de HF utilizada para la sincronización del sistema de multilateración no es utilizada para la transmisión de datos  
15 útiles de sincronización.

El documento US 2007/247 368 A1 da a conocer un procedimiento de multilateración de la posición de una aeronave al recibir una señal del objetivo procedente de la aeronave en diversas unidades receptoras, determinar una hora de llegada para la señal del objetivo en las unidades receptoras, determinar datos de posición en la hora en que se recibe la señal del objetivo de las unidades receptoras y usando los datos de posición y la hora de llegada para cada unidad receptora para determinar la posición de la aeronave mediante multilateración.  
20

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es permitir una sincronización sencilla y simple de alta precisión de estaciones de radar de un sistema de WAM libre de agrupaciones.

Para resolver este objeto, la presente invención sugiere un sistema de SSR para un control de tráfico aéreo que comprende las características de la reivindicación 1. En particular se sugiere que la carga útil de las señales de sincronización comprenda información indicativa del tiempo de transmisión de las señales de sincronización, que el transpondedor del vehículo de tráfico aéreo reciba señales de sincronización procedentes de estaciones de radar secundario y que el vehículo de tráfico aéreo comprenda un medio de procesamiento para determinar su posición geográfica actual a partir de la información indicativa del tiempo de transmisión de las señales de sincronización recibidas por el transpondedor. Además, se resuelve la invención por medio de un procedimiento para el control del tráfico aéreo que comprende las características de la reivindicación 16.  
25  
30

Según la presente invención, se propone el uso de transmisores de señal horaria o baliza horaria como dispositivos de calibración. Preferentemente, pero no necesariamente, los transmisores de señal horaria o baliza horaria son al menos una de las estaciones de radar secundario del sistema de SSR. Según la realización preferente, los transmisores no son unidades adicionales separadas de soporte físico. Por el contrario, el soporte físico ya presente en los sistemas de SSR es utilizado para llevar a cabo, adicionalmente, la sincronización de las estaciones de radar secundario. Por lo tanto, estos transmisores no solo transmiten una señal arbitraria de sincronización, la señal también incluye información en la carga útil de datos en relación con la sincronización, y que permite la misma, de la o las estaciones de radar secundario que reciben la señal. Preferentemente, la señal de sincronización consiste en paquetes de datos. Comprende, en particular, información indicativa del tiempo de transmisión de la señal de sincronización.  
35  
40

Una diferencia importante del sistema de radar secundario de vigilancia (SSR) según la presente invención y los sistemas convencionales de multilateración conocidos de la técnica anterior es la siguiente: los sistemas convencionales utilizan mensajes de sincronización transmitidos por sus propios transceptores o por transceptores externos. Los datos contenidos en esos mensajes son utilizados para la identificación de la fuente únicamente, pero no contienen ninguna información útil que puede ser utilizada directamente para el propio procedimiento de sincronización. Según la presente invención, la información indicativa del tiempo de transmisión de la señal de sincronización es transmitida en la señal. Esto permite que las estaciones base receptoras sincronicen autónomamente sus relojes locales. No es necesaria una unidad central de procesamiento adicional separada para sincronizar las estaciones base del sistema de SSR. Según la presente invención, los datos adicionales transmitidos en la señal están embebidos en la propia señal y pueden ser utilizados directamente para la sincronización sin tener que solicitar información adicional de otras entidades externas. La sincronización de las estaciones de radar secundario puede ser llevada a cabo en cada una de las estaciones receptoras la señal de sincronización. Esto significa que según la invención la sincronización del sistema de multilateración no requiere una unidad externa adicional de procesamiento ni enlaces de transmisión de datos que conecten las estaciones base con la unidad de procesamiento.  
45  
50  
55

Por consiguiente, la presente invención permite un diseño más flexible de sistema de WAM/multilateración. A diferencia del mismo, los sistemas convencionales conocidos en la técnica anterior están organizados en células o agrupaciones y la interconexión entre dos sistemas de WAM requiere un protocolo complejo.

Para un sistema de WAM se puede establecer una malla completa de sincronización utilizando enlaces redundantes para mejorar el rendimiento general de sincronización. En comparación con las técnicas actuales de sincronización, no es necesario ningún enlace adicional de transmisión de datos para sincronizar un receptor (estación de radar secundario), dado que puede recibir y deducir toda la información relevante necesaria para su sincronización a partir del contenido de las señales de sincronización recibidas de una o más estaciones adicionales de radar secundario del sistema de WAM. Toda la información necesaria para la sincronización está contenida en la carga útil de los paquetes de datos de sincronización. Cada una de las estaciones de radar secundario prevé su propia sincronización al recibir y procesar la información de sincronización de una o más de las otras estaciones de radar. Esta técnica puede ser utilizada para sincronizar sistemas de WAM de cualquier tamaño sin tener que introducir diversas agrupaciones con distintas bases de tiempos. En vez de ello, después de la sincronización de todas las estaciones de radar secundario, todo el sistema de WAM funcionará en una base de tiempos síncrona común. Para simplificar las operaciones y el procesamiento esta podría ser la UTC (hora universal coordinada) o algún derivado de la misma pero, por supuesto, también puede ser cualquier otra base de tiempos (incluyendo una sintética).

Por supuesto, es posible que la estación de radar secundario que va a ser sincronizada reciba paquetes de datos de sincronización no solo de una estación de radar distinta, sino de una pluralidad de las mismas. Entonces, la estación de radar que va a ser sincronizada puede llevar a cabo algún tipo de votación o procesamiento matemático para llegar a una única base de tiempos con la cual la estación de radar que va a ser sincronizada sincroniza entonces su base de tiempos local. Si la estación de radar secundario recibe señales de sincronización procedentes de más de una de las otras estaciones de radar secundario la estación receptora de radar secundario puede seleccionar una de las señales de sincronización que es transmitida por esa otra estación de radar secundario que está sincronizada de forma óptima. En ese caso el contenido de las señales de sincronización puede comprender una identificación de aquellas estaciones de radar secundario con las que está sincronizada la estación transmisora y/o información sobre la calidad de sincronización de la estación transmisora.

La información contenida en la carga útil de la señal de sincronización y utilizada para la sincronización de las estaciones de radar comprende, por ejemplo, un punto en el tiempo cuando se transmite la señal de sincronización desde la estación transmisora de radar secundario ("tiempo de transmisión"). El tiempo de transmisión es una señal no específica (no dirigida a una cierta estación receptora de radar secundario, ni proporcionada a la misma), que puede ser recibida y procesada por medio de una estación receptora del sistema de SSR. El tiempo de transmisión no siempre puede ser medido por adelantado (antes de que tenga lugar la transmisión en sí y la señal haya dejado la antena de difusión) porque el valor para el tiempo de transmisión tiene que ser insertado en la carga útil de datos antes de que se transmita realmente la señal, que es antes de que se conozca el tiempo exacto de transmisión. En este caso, la señal de sincronización puede comprender dos telegramas o paquetes de datos consecutivos. El segundo de los dos paquetes de datos contiene el tiempo de transmisión del primer paquete.

En los sistemas denominados coherentes se puede determinar por adelantado el tiempo de transmisión. En ese caso sería suficiente un único paquete de datos. Sin embargo, la idea de la presente invención de difundir el tiempo de transmisión en un paquete de datos que va a ser recibido por estaciones receptoras que van a ser sincronizadas es igual.

Aparte del tiempo de transmisión las señales de sincronización también pueden contener datos de estado de los transmisores de baliza horaria, que proporcionan diversa información de la condición, que puede ser utilizada para generar una idea en tiempo real del estado de las diversas estaciones de radar secundario en toda la red. El concepto de los transmisores de baliza horaria permite el uso de balizas horarias incluso fuera del sistema de multilateración sin la necesidad de tener un enlace adicional de transmisión de datos a ellas. Desde un punto de vista arquitectónico, por primera vez se lleva a cabo la función de sincronización en la propia estación terrestre utilizando balizas horarias.

Preferentemente, la información contenida en la señal de sincronización transmitida por la estación transmisora es una información horaria en el dominio temporal del transmisor. La señal transmitida es una señal no específica que no está prevista para un cierto receptor y que, por lo tanto, puede ser recibida por cualquier estación receptora dentro del alcance de las señales transmitidas. En el receptor se puede utilizar la información horaria recibida desde la estación transmisora para determinar una hora prevista de llegada de las señales de sincronización en el dominio temporal del transmisor. Junto con información adicional como la hora real de llegada en el dominio temporal del receptor para determinar una diferencia entre el dominio temporal del transmisor y el dominio temporal del receptor y, finalmente, para sincronizar el receptor en el dominio temporal del transmisor.

Preferentemente, la información horaria transmitida como contenido de la carga útil de la señal de sincronización es el tiempo de transmisión. Junto con información adicional como la distancia de la estación transmisora hasta la receptora, se puede utilizar el tiempo de propagación para señales en general para determinar la hora prevista de llegada en el dominio temporal del transmisor.

Por supuesto, también sería posible determinar el valor de corrección del reloj en la estación receptora al comparar el tiempo de transmisión en el dominio temporal de la estación de difusión contenido en la señal recibida de sincronización con un tiempo estimado de transmisión determinado a partir del tiempo real de recepción de la señal

de sincronización en la estación receptora en el dominio temporal de la estación receptora teniendo en cuenta el tiempo de propagación de la señal de sincronización.

Por medio de la sincronización unidireccional descrita se puede sincronizar una estación de radar con una base de tiempos común, por ejemplo con la base de tiempos de al menos otra estación de radar secundario del sistema de SSR. La sincronización unidireccional permite una sincronización sencilla, rápida y fiable de las estaciones de radar secundario de los sistemas de SSR. Además, se puede utilizar una sincronización bidireccional para mejorar el rendimiento y la precisión del procedimiento de multilateración, que es la determinación de la ubicación de una aeronave. En general, se conoce la distancia geométrica entre los nodos de calibración (correspondientes a las estaciones de radar) porque los transmisores estacionarios (correspondientes a las estaciones de radar que transmiten los paquetes de datos de sincronización) están ubicados en posiciones fijas conocidas. La técnica bidireccional puede ser utilizada para comprobar si hay efectos desconocidos adicionales en la trayectoria de transmisión (montañas, edificios, árboles, alteraciones meteorológicas, etc.), que pueden afectar al tiempo de propagación de los paquetes de datos de sincronización desde la al menos una de las otras estaciones de radar hasta la estación de radar que va a ser sincronizada. Suponiendo que las distancias entre las estaciones base son fijas, la sincronización bidireccional permite una prueba de rendimiento en tiempo real del sistema de SSR completo al comparar los resultados de la sincronización unidireccional con los de la sincronización bidireccional. En ese caso se pueden determinar el tiempo estimado de propagación y, por lo tanto, la ubicación de la aeronave con una mayor precisión, en particular al tener en cuenta ciertos efectos en la trayectoria de transmisión que afectan al tiempo real de propagación de las señales de respuesta. Además, la sincronización bidireccional también permite una sincronización más precisa de las estaciones de radar secundario que reciben las señales de sincronización. Además, la técnica bidireccional permite una evaluación de la trayectoria de transmisión que recorren las señales de respuesta desplazándose desde un transpondedor de la aeronave hasta las estaciones receptoras de radar y las señales de sincronización desplazándose desde la estación transmisora de radar hasta la estación de radar a sincronizar. Esto es particularmente ventajoso si la estación es una estación móvil de radar secundario situada recientemente en cualquier lugar en el que sea necesaria y si la posición de esa estación no ha sido determinada ni/o comunicada aún a las otras estaciones de radar.

Para realizar la sincronización bidireccional, la estación a ser sincronizada también difunde señales de datos. Estas señales de datos son recibidas por las estaciones del sistema de SSR que difunden las señales de sincronización. Por lo tanto, la estación transmisora difunde señales de sincronización y recibe señales de datos procedentes de otras estaciones de radar secundario dentro del alcance. Las señales de datos recibidas pueden ser utilizadas para determinar aquellas estaciones desde las que pueden ser recibidas las señales de datos, es decir las estaciones dentro del alcance, y la calidad de las señales de datos recibidas de estas estaciones.

Las señales de datos transmitidas por las otras estaciones pueden ser recibidas por la estación que transmite la señal de sincronización y también por una o más de las otras estaciones. Las estaciones que reciben las señales de datos, entre ellas la estación que transmite las señales de sincronización, pueden introducir la información en una lista, que es actualizada de vez en cuando. La lista puede ser actualizada regularmente o al producirse ciertos eventos, por ejemplo, si se reciben señales procedentes de nuevas estaciones, si cambia la calidad de las señales recibidas o si ya no se reciben señales procedentes de una cierta estación. La lista también puede contener sellos de tiempo asignados a diversas estaciones contenidas en la lista y que representan el momento en que se determinó la calidad de la señal de datos recibida de una cierta estación.

La información contenida en la lista puede ser difundida a las otras estaciones del sistema de SSR, preferentemente como parte de la carga útil de la señal de sincronización. Debido al ancho de banda limitado cuando se transmiten datos por la interfaz aérea entre las estaciones de radar secundario, la información es transmitida, preferentemente, de forma consecutiva para una de las estaciones contenidas en la lista después de la anterior, conteniendo cada una de las señales de sincronización, preferentemente, la información de una de las estaciones contenidas en la lista. Si cada señal de sincronización transmitida por la estación de radar secundario contiene la información en relación con la trayectoria de transmisión hasta exactamente otra estación de la lista, después de haber transmitido un número de señales de sincronización correspondiente al número total de estación dentro del alcance de la estación transmisora la señal de sincronización, se ha transmitido toda la información contenida en la lista.

La información adicional en relación con la trayectoria de transmisión desde la estación de difusión hasta una de las estaciones de radar secundario que va a ser sincronizada es recibida y extraída de la carga útil por todas las otras estaciones dentro del alcance. Sin embargo, la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión es procesada únicamente por esa estación receptora a la que hace referencia. Por ejemplo, si una estación receptora se percata de que la información adicional hace referencia a la trayectoria de transmisión de la estación de difusión a otra estación, la estación receptora solo utiliza el tiempo de transmisión contenido en la misma para la sincronización de su reloj local e ignora la información en relación con la trayectoria de transmisión. Por el contrario, si una estación receptora se percata de que la información adicional hace referencia a la trayectoria de transmisión de la estación de difusión a la estación receptora, utiliza el tiempo de transmisión contenido en la misma para la sincronización de su reloj local y utiliza la información en relación con la trayectoria de transmisión para actualizar el valor del tiempo de propagación para obtener una mayor precisión para futuras sincronizaciones.

Debido al hecho de que las posiciones de las estaciones y las características de las trayectorias de transmisión solo cambian en casos excepcionales y, si lo hacen, cambian con constantes de tiempo muy grandes y debido al hecho de que las estaciones están dotadas de osciladores de cristal, la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión contenida en la lista en la estación de difusión tiene que ser actualizada y transmitida a las otras estaciones no muy a menudo. Una frecuencia de actualización y de transmisión en el intervalo de una vez cada uno o más minutos, preferentemente una o dos veces por minuto, ofrecerá buenos resultados.

Por ejemplo, si una estación de radar secundario tiene otras diez estaciones del sistema de SSR dentro del alcance y si la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión es difundida por una interfaz aérea, las señales de sincronización pueden ser transmitidas regularmente dos veces cada segundo, eso es 120 veces cada minuto. Si las señales de sincronización comprendían información adicional en relación con la trayectoria de transmisión hasta únicamente una de las estaciones dentro del alcance, diez señales de sincronización tendrían que comprender la información adicional para una cierta estación. Si se actualizase la información en relación con la trayectoria de transmisión una vez por minuto, solo diez de las 120 señales de sincronización transmitidas por minuto tendrían que contener la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión. La estación receptora que va a ser sincronizada podrá sincronizar su dominio temporal local 120 veces cada minuto y actualizar la información en relación con el tiempo de propagación para señales transmitidas desde la estación de difusión hasta la estación receptora una vez por minuto. Las señales de sincronización que contienen la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión podrían ser enviadas consecutivamente, de forma que las restantes 110 señales de sincronización que han de ser transmitidas ese minuto no comprenderían ninguna información adicional en relación con la trayectoria de transmisión. De forma alternativa, las señales de sincronización que comprenden la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión podrían ser distribuidas; por ejemplo, cada duodécima señal de sincronización comprendería información adicional en relación con la trayectoria de transmisión desde la estación de difusión hasta una de las otras estaciones dentro del alcance.

Por supuesto, la información adicional contenida en las señales de sincronización puede ser transmitida por cualquier trayectoria de transmisión entre la estación de difusión de radar secundario y las estaciones de radar secundario que van a ser sincronizadas, por ejemplo por una línea separada de transmisión o una red separada establecida entre las estaciones de radar secundario del sistema de SSR. En ese caso hay disponible una anchura de banda mayor y sería posible transmitir toda la información contenida en la lista en la estación de radar secundario que transmite la señal de sincronización a ser sincronizada de inmediato.

Se sugiere que las señales de sincronización o, más bien, los paquetes de datos de sincronización (paquetes de sincronización) sean transmitidos por la interfaz aérea también utilizada para transmitir señales de interrogación a transpondedores de aeronaves y para recibir señales de respuesta procedentes de los transpondedores de las aeronaves. Lo mismo se aplica a los paquetes de datos transmitidos en la técnica bidireccional desde la estación de radar secundario que va a ser sincronizada con la o las otras estaciones de radar secundario del sistema de SSR. Los paquetes de sincronización y de datos también pueden ser transmitidos por la interfaz aérea también utilizada para transmitir entre las estaciones terrestres y las aeronaves. Esta comunicación entre las estaciones terrestres y las aeronaves puede utilizar un Modo S (enlace ascendente: 1030 MHz, enlace descendente: 1090 MHz), un UAT (Transceptor de acceso universal; enlace ascendente y enlace descendente: por ejemplo utilizando 978 MHz), un Modo 4 de enlace de transmisión de datos de VHF (VDL) (que utiliza una o más de las frecuencias VHF aeronáuticas existentes) o variantes de los mismos en otras frecuencias. Todas las señales de RF pueden ser utilizadas para transportar información de sincronización. Para los sistemas de control de tráfico aéreo esto significa que se puede utilizar cada enlace de señales de RF —con independencia de su fin primario— para sincronizar un sistema de multilateración. El objetivo de la invención es minimizar el uso de señales adicionales de RF y utilizar las señales ya existentes de una forma híbrida. El medio de modulación de datos en estas señales podría ser bien el uso de campos de datos ya existentes o bien el uso de una modulación adicional o esquemas de codificación que son invisibles y transparentes a los equipos preexistentes que ya utilizan estas señales.

En consecuencia, la transmisión de los paquetes de datos de sincronización procedentes de al menos una de las estaciones de radar secundario hasta la estación de radar secundario que va a ser sincronizada y la transmisión de los paquetes de datos en la dirección opuesta se lleva a cabo en el enlace de RF, de forma que se puede llevar a cabo el cálculo bidireccional simplemente en función de datos aéreos.

Dado que todas las estaciones están dotadas de osciladores de cristal bastante precisos, la frecuencia de transmisión para los paquetes de estado de sincronización puede ser de tan solo una o dos veces por minuto. Esta frecuencia de transmisión es lo suficientemente elevada como para garantizar una precisión deseada de la sincronización de los relojes locales de las estaciones en el intervalo de únicamente algunos nanosegundos. El "Estado de nivel" generado a partir de los paquetes de estado puede ser constante durante un cierto periodo de tiempo y, por lo tanto, no necesita ser transmitido necesariamente más a menudo.

Las diversas estaciones de radar secundario del sistema de SSR tratan la propia señal de sincronización como un enlace de transmisión de datos que contiene toda la información relevante para la sincronización. Un aspecto importante de la invención es el uso híbrido de la señal de sincronización como medio de enlace inalámbrico de

transmisión de datos por una parte y de transporte de todos los datos relevantes para el procedimiento de sincronización por otra parte y que no solo sirve de fuente para la identificación del transmisor.

El hecho de que la señal de sincronización transporte datos también puede ser utilizado para transmitir más información que puramente los datos relevantes de sincronización. Para la implementación en áreas con un volumen reducido de tráfico, esta información adicional puede comprender incluso resultados de mediciones procedentes de sensores remotos, lo que hace que no sea necesario un enlace adicional de transmisión de datos —lo que podría ser muy caro—. La información adicional puede ser transmitida bien en el mismo esquema de frecuencia y de modulación que la señal primaria utilizada de sincronización o bien en otras frecuencias. Dado que la mayoría del soporte físico actual tiene la capacidad de cambiar de frecuencia, podría ser una opción una transmisión en un canal adyacente; esto puede ser llevarse a cabo con el soporte físico, los cables y/o la antena ya instalados. Un ejemplo sería el uso de un transmisor de baliza horaria de prestaciones 1090/1030 para transmitir los datos adicionales bien en 1030/1090 MHz o en cualquier banda de frecuencia intermedia, por ejemplo con un esquema de modulación de banda estrecha como un UAT o similar.

La arquitectura propuesta de transmisores de baliza horaria permite una sincronización precisa de múltiples receptores de detección de multilateración. De la misma forma, las señales de tiempo emitidas por los transmisores de baliza horaria del sistema también pueden ser utilizadas por un participante móvil o aéreo para llevar a cabo una localización por sí solo. En otras palabras, la arquitectura para la sincronización de las estaciones de radar secundario del sistema de SSR también es utilizada con fines de navegación. Esto proporciona —al menos localmente— un sistema de navegación completamente independiente de los sistemas convencionales de navegación como, por ejemplo, GPS, Galileo, o sistemas similares de navegación, lo que permite que los usuarios lleven a cabo mediciones RAIM (monitorización de la integridad autónoma del receptor) (comprobación en tiempo real de si el receptor opera de forma apropiada dentro de las tolerancias de tiempo dadas).

Tras la recepción de señales procedentes de cuatro estaciones de baliza horaria, la unidad móvil puede resolver su ecuación de posición/tiempo (4 incógnitas). Si recibe señales de menos estaciones de baliza horaria, puede resolver su ecuación de posicionamiento al menos parcialmente o —utilizando medios incompletos adicionales de determinación de la posición como DME (distancia equipo de medida)— completamente.

Según una realización preferente de la invención, varios transmisores de baliza horaria operan en la banda de frecuencia de radar aeronáutico de SSR (1030/1090 MHz). Sin embargo, los transmisores de baliza horaria también pueden utilizar otras frecuencias y esquemas de modulación en la banda de DME (960 a 1215 MHz) u otras bandas de radionavegación como ILS (sistema de aterrizaje por instrumentos)/VOR (radiofaro omnidireccional de VHF) entre 110 y 118 MHz. Entonces, los participantes (es decir, los receptores aéreos) utilizarán la información contenida en estas señales con fines de localización. El nuevo aspecto aquí es que ahora hay dos sistemas para la multilateración que hacen uso de las balizas horarias: uno es el sistema “clásico” con sensores en tierra, el otro es un sistema aéreo, en el que estas señales son utilizadas, además, para una navegación y para complementar las NAVAIDS (ayuda a la navegación: sistema de navegación que utiliza el tiempo y la determinación de distancias) que solo suministran soluciones incompletas como DME a un sistema bidimensional/tridimensional de navegación completo.

La baliza horaria puede transmitir la información de sincronización de diversas formas. Como se describe con detalle a continuación, en los sistemas no coherentes, la información de sincronización puede ser dividida en un par interrogación/seguimiento. Esto significa que los paquetes son transmitidos en dobletes, conteniendo el primero un ID del sistema e información de estado. En sistemas coherentes, el tiempo de transmisión es conocido por adelantado, por lo que ya no es necesario un doblete y el paquete de datos sigue transportando la hora exacta de transmisión. La información también puede ser transmitida por medio de una modulación denominada en cascada, por ejemplo señales codificadas de espectro de propagación que se superponen a otras señales de distinto uso.

Por ello, no solo los sistemas de multilateración, sino también los transmisores de VOR pueden estar dotados de ILS o de DME con transmisores o moduladores auxiliares para transmitir balizas horarias exactas en su puntualidad y muy precisos.

En la actualidad, en la técnica anterior una fuente bien conocida de sincronización para los sistemas de multilateración es GPS. Con la presente invención también se pueden utilizar otras fuentes de tiempo para sincronizar los sistemas de multilateración, como las señales basadas en VLF, LORAN (navegación de largo alcance), etc. Cuando las balizas horarias de multilateración (o las otras balizas) utilizan estas entradas de tiempo alternativas, se puede establecer un sistema terrestre de difusión de tiempo independiente del GPS u otro GNSS espacial, permitiendo que los participantes aéreos utilicen esta fuente alternativa de tiempo para su localización independiente.

Más adelante se explican con detalle las realizaciones preferentes de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Estos muestran:

la Fig. 1 una primera realización preferente del sistema de SSR según la presente invención;

- la Fig. 2 una segunda realización preferente del sistema de SSR según la presente invención;
- la Fig. 3 una realización preferente del procedimiento para un control del tráfico aéreo por medio de un sistema de SSR según la presente invención; y
- la Fig. 4 un procedimiento preferente para sincronizar estaciones de radar secundario del sistema de SSR.

La Fig. 1 muestra un sistema 1 de radar secundario de vigilancia (SSR) según una primera realización de la presente invención. El sistema 1 de SSR comprende una pluralidad de estaciones 2 de radar secundario, como las estaciones A, B, C, y D mostradas en la Fig. 1. Es evidente para un experto en la técnica que el sistema 1 de SSR puede comprender más o menos estaciones 2 que las cuatro estaciones 2 mostradas en la Fig. 1. Cada una de las estaciones 2 está dotada de al menos una antena 3 para transmitir (enviar) y recibir señales de radiofrecuencia (RF). Se pueden transmitir datos por medio de las señales de RF según un estándar de Modo S definido por la OACI (Organización de aviación civil internacional). Todas las estaciones 2 están conectadas a una unidad central 4 de procesamiento por medio de enlaces 5 de comunicaciones. Los enlaces 5 pueden ser cables o enlaces inalámbricos. La unidad 4 de procesamiento comprende una unidad 6 de control y una unidad 7 de visualización. Por supuesto, la presente invención no está limitada a señales de datos según el protocolo de Modo S, sino que puede realizarse con cualquier tipo de señales intercambiadas entre estaciones terrestres y aeronaves, por ejemplo un UAT.

Un transpondedor 9 a bordo de una aeronave (no mostrada) difunde señales 8 de respuesta en el estándar de Modo S (1090 MHz), que pueden ser recibidas por las antenas 3 de las estaciones A, B, C dentro del área de cobertura del transpondedor 9. De vez en cuando al menos algunas de las estaciones 2 de radar secundario del sistema 1 de SSR transmiten señales dedicadas 8, 8' de interrogación según el estándar de Modo S (1030 MHz). Las señales 8 de interrogación transmitidas por las estaciones A, B, y C son recibidas por el transpondedor 9 a bordo la aeronave (no mostrada). Las señales 8' de interrogación transmitidas por la estación D no son recibidas por el transpondedor 9 por cualquier razón. El transpondedor 9 o, más bien, la lógica de procesamiento que subyace al transpondedor 9 a bordo de la aeronave comprueba si la señal recibida 8 contiene una interrogación válida. Si es así, el transpondedor 9 difunde una señal 8 de respuesta en el estándar de Modo S (1090 MHz), que puede ser recibida por las antenas 3 de las estaciones A, B, C dentro del área de cobertura del transpondedor 9. Las señales 8 de respuesta contienen, por ejemplo, una identificación de la aeronave, una dirección prevista de la aeronave e información adicional en relación con la condición y el estado de la aeronave.

La información de sincronización de las señales 8, en particular se transmite información indicativa de la hora de recepción (hora de llegada) de las señales 8 de respuesta en las estaciones A, B, C a la unidad central 4 de procesamiento por medio de los enlaces 5 de comunicaciones. En la unidad central 4 de procesamiento se conocen las posiciones de las estaciones A, B, C. La unidad 4 de procesamiento determina la distancia entre las estaciones A, B, C por una parte y el transpondedor por otra parte al evaluar los valores de tiempo proporcionados a la unidad 4 de procesamiento desde las estaciones A, B, C. La posición de la aeronave se determina en la unidad 4 de procesamiento por medio de un procedimiento denominado de multilateración y la posición puede ser representada visualmente en la unidad 7 de visualización, posiblemente junto con información adicional en relación con la aeronave.

Cada una de las estaciones 2 de radar secundario tiene un reloj local, por ejemplo en forma de oscilador de cristal, que proporciona una base de tiempos o dominio temporal local. Para permitir una determinación fiable y exacta de la ubicación de la aeronave tienen que estar sincronizadas las estaciones 2 de radar secundario o, más bien, sus relojes locales. La presente invención hace referencia a una forma especialmente ventajosa para sincronizar las estaciones 2 en una base de tiempos común válida para todas las estaciones 2. Para simplificar las operaciones, esta base de tiempos común puede ser UTC o algún derivado de la misma. Sin embargo, la base de tiempos común también puede ser cualquier otra base de tiempos (incluyendo una sintética).

La sincronización de las estaciones 2 de radar secundario se lleva a cabo por medio de información de sincronización contenida en la carga útil de las señales 10 de sincronización (por ejemplo, paquetes de datos) transmitidas entre las estaciones 2. En particular, la información de sincronización comprende información de sincronización en relación con el tiempo de transmisión de las señales 10 de sincronización. Preferentemente, los paquetes 10 de datos de sincronización también son transmitidos como señales de RF (radiofrecuencia) según el estándar de Modo S (o cualquier otro estándar, por ejemplo un UAT).

La idea principal de la presente invención es proporcionar una forma sencilla, simple y económica para sincronizar las estaciones 2 de radar secundario de un sistema 1 de SSR. Esto se consigue utilizando soporte físico ya presente en las estaciones 2. La información de sincronización se transmite entre las estaciones 2 por medio de equipos ya existentes de transmisión de señales. Para la determinación de la ubicación de la aeronave por medio del procedimiento de multilateración de Modo S, las estaciones 2 ya están dotadas de soporte físico para recibir señales 8 de baliza horaria procedentes de los transpondedores 9 en la banda de 1090 MHz y para enviar señales 8 de interrogación en la banda de 1030 MHz. Se utiliza este soporte físico para enviar y recibir las señales 10 de sincronización en las estaciones 2 de radar secundario. Por lo tanto, las estaciones 2 envían las señales 10 de sincronización en la banda de 1030 MHz (en ese caso el receptor en las estaciones 2 tendría que ampliarse hasta la

banda de 1030 MHz) o, preferentemente, en la banda de 1090 MHz (en ese caso el transmisor en las estaciones 2 tendría que ampliarse hasta la banda de 1030 MHz). La ampliación de los transmisores y/o receptores en las estaciones 2 de radar secundario puede ser llevada a cabo fácilmente, debido a que el soporte físico necesario ya está presente en las estaciones 2. Además, el procedimiento necesario de modulación ya está implementado en las

5 estaciones 2.

Además, la presente invención puede prescindir de las unidades externas adicionales de procesamiento a las que tienen que estar conectadas las estaciones 2 de radar secundario para calcular los desfases de los diversos relojes locales con respecto a una base de tiempos común y para llevar a cabo la sincronización de las estaciones 2. Más bien, según la invención, se determinan los desfases de los relojes locales y se lleva a cabo la sincronización de las

10 estaciones 2 en las propias estaciones. Esto se consigue al transmitir información de sincronización, en particular información indicativa del tiempo de transmisión de las señales 10 de sincronización, como parte de las señales 10 de sincronización entre las estaciones 2. Esto proporciona a cada estación 2 de radar secundario que recibe una señal 10 de sincronización la posibilidad de llevar a cabo su propia sincronización. Por lo tanto, cada estación 2 de radar secundario puede sincronizarse simplemente al estar a la escucha y recibir las señales 10 de sincronización.

15 La unidad central 4 de procesamiento solo sirve para determinar la ubicación del transpondedor 9 y de las aeronaves, respectivamente. No es utilizada para sincronizar las estaciones 2 de radar secundario.

El procedimiento de sincronización según la presente invención es muy rápido porque no es necesaria ninguna comunicación de interrogación y respuesta entre las propias estaciones 2 de radar secundario y otras posibles entidades externas para llevar a cabo la sincronización de las estaciones 2. Simplemente, una o más de las

20 estaciones 2 tienen que transmitir la señal 10 de sincronización que ya contiene toda la información que necesitan las estaciones receptoras 2 para poder llevar a cabo su propia sincronización. En particular, las estaciones receptoras 2 no tienen que buscar información adicional de otras entidades externas ni enviar una respuesta a la estación emisora 2 antes de poder llevar a cabo la sincronización.

En sistemas coherentes el tiempo de transmisión de la señal 10 de sincronización puede ser previsto y transmitido fácilmente y con bastante precisión en la señal 10 de sincronización. Sin embargo, en sistemas no coherentes esto no es tan fácil. En ese caso las señales 10 de sincronización contienen al menos dos paquetes de datos transmitidos consecutivamente. El valor para el tiempo de transmisión de una señal 10 de sincronización es parte del contenido del segundo de los dos paquetes de datos transmitidos consecutivamente. El valor del tiempo de transmisión está previsto en función del conocimiento obtenido de la transmisión del primero de los dos paquetes de datos

30 transmitidos consecutivamente. Por supuesto, la señal 10 de sincronización que comprende dos paquetes de datos transmitidos consecutivamente no está limitada a sistemas no coherentes sino que también puede ser utilizada en sistemas coherentes.

Basándose en una aplicación posible para el sistema de multilateración de PAMFRA (Monitorización de aproximación de precisión del espacio aéreo de Frankfurt) el sistema 1 de SSR puede abarcar un área de

35 aproximadamente 150 por 100 millas náuticas (correspondiente a aproximadamente 250 por 200 km). La sincronización de la red que comprende las estaciones 2 de radar secundario está basada en una red principal y está mallada. Al menos algunas de las estaciones 2 actúan como transmisores de baliza horaria. En el ejemplo mostrado en la Fig. 1 las estaciones A y C actúan como transmisores de baliza horaria. Por supuesto, es posible que todas las estaciones 2 de la red actúen como transmisores de baliza horaria. Preferentemente, las estaciones 2 que actúan como transmisores de baliza horaria están ubicadas en sitios expuestos, por ejemplo encima de torres de difusión de televisión o de radio. Las estaciones A y C que actúan como transmisores de baliza horaria transmiten periódicamente los paquetes 10 de datos de sincronización, por ejemplo una o dos veces por segundo.

La información contenido en la carga útil de la señal 10 de sincronización y utilizada para la sincronización de las estaciones 2 de radar comprende, por ejemplo, un punto en el tiempo cuando se envía la señal 10 de sincronización desde la estación transmisora A, C de radar secundario (el denominado "tiempo de transmisión"). Por supuesto, en vez de la hora real de transmisión también se podría utilizar alguna otra variable o valor indicativo del tiempo de transmisión. Se determina el tiempo de transmisión en el dominio temporal de la estación transmisora. Para facilitar el procesamiento de los diversos tiempos en las estaciones que van a ser sincronizadas, se podrían proporcionar todos los valores de tiempo en una hora estandarizada, por ejemplo UTC (hora universal coordinada). El tiempo de

50 transmisión no puede ser medido por adelantado debido a que el valor del tiempo de transmisión tiene que ser insertado en la carga útil de datos antes de que se transmita realmente la señal, es decir, antes de que se conozca el tiempo exacto de transmisión. Sería posible insertar un valor estimado del tiempo de transmisión en la carga útil de la señal 10 de sincronización.

Sin embargo, según una realización preferente, la señal 10 de sincronización consiste en al menos dos telegramas o paquetes consecutivos de datos. Estos dos paquetes están asociados entre sí, por ejemplo, por medio de una dirección idéntica de origen u otra identificación correspondiente, porque ambos paquetes de datos han sido transmitidos por la misma estación 2. Los dos paquetes son transmitidos inmediatamente uno tras otro, es decir el segundo paquete es transmitido solo milisegundos o incluso solo microsegundos después de que se ha llevado a cabo la transmisión del primer paquete. La transmisión del primer paquete puede ser utilizada por la estación 2 de

60 difusión para determinar las propiedades de transmisión. Las propiedades de transmisión determinadas en conexión

con la transmisión del primer paquete de datos (interrogación) pueden ser utilizadas para proporcionar una estimación muy exacta del tiempo de transmisión para el segundo paquete de datos (seguimiento) que sigue inmediatamente. De forma alternativa, el segundo de los dos paquetes de datos simplemente contiene la hora real de transmisión del primer paquete.

5 Las señales 10 de sincronización también pueden contener información adicional acerca del estado, de la ubicación y de la sincronización de la estación transmisora 2. En particular, la señal 10 de sincronización transmitida por una cierta estación 2 puede contener la ubicación geográfica de la estación, información sobre con qué otra estación 2 está sincronizada la estación transmisora, información acerca de la calidad de la sincronización de la estación transmisora 2 y otra información acerca de la condición y del estado de la estación transmisora 2. Las otras  
10 estaciones 2 actúan como clientes y pueden recibir las señales transmitidas 10 de sincronización. En el ejemplo mostrado en la Fig. 1 las señales 10 de sincronización transmitidas por la estación A son recibidas por las otras estaciones B y C. La otra estación D puede estar ubicada fuera del alcance de la estación transmisora A y, por lo tanto, no puede recibir las señales 10 de sincronización transmitidas por la estación A. Las estaciones receptoras B y C pueden sincronizarse por sí solas al escuchar las señales 10 de sincronización difundidas por la estación  
15 transmisora A. Las estaciones receptoras B y C pueden corregir sus relojes locales según la información de sincronización contenida en la carga útil de la información recibida de sincronización. Al recibir información adicional de sincronización procedente de otras estaciones 2 de radar secundario que actúan como balizas horarias, se puede establecer una red multimallada con fines de sincronización.

20 Dado que en una red que comprende estaciones estacionarias 2 de radar secundario la distancia geográfica entre el transmisor y el receptor de la señal 10 de sincronización es conocida, se puede determinar el tiempo de propagación de la señal 10 de sincronización en la estación receptora. También se puede transmitir en la carga útil de la señal 10 de sincronización información adicional que puede influir en el tiempo de propagación, aparte de la distancia entre el transmisor y el receptor. Esta información adicional puede ser deducida mediante mediciones bidireccionales, descritas con detalle a continuación con referencia a la realización de la Fig. 2. La Fig. 1 solo hace referencia a mediciones unidireccionales. La recepción de múltiples balizas horarias mejora la fiabilidad y la precisión del  
25 procedimiento de sincronización. Por ejemplo, en la Fig. 1, la estación B recibe señales 10 de sincronización procedentes de la estación A, al igual que de la estación C.

30 Las señales 10 de sincronización transmitidas por las estaciones A y C de radar secundario, aparte de la hora en que las señales 10 de sincronización son transmitidas, pueden comprender información adicional. Esta puede ser, sin limitación, mediciones bidireccionales hasta otras balizas horarias, la visibilidad de otras balizas, efectos presentes en la trayectoria de transmisión que influyen en la duración de la transmisión de las señales 10 de sincronización hasta una cierta estación 2, información y alertas GPS diferencial. Técnicas eficientes de codificación garantizan que esta información pueda ser transmitida a pesar de la velocidad relativamente baja de transmisión de bits disponible en el canal de RF.

35 La información adicional también puede ser transmitida utilizando distintas técnicas adicionales de modulación en el mismo canal (1090 MHz) o en otros canales o al añadir principios de modulación de mayor orden a la estructura existente de señales. También se puede utilizar este principio para otras señales (por ejemplo, un UAT).

40 Utilizando las técnicas descritas anteriormente para la sincronización de las estaciones 2 de radar secundario, el sistema 1 de SSR se vuelve libremente escalable. Puede ser expandido fácilmente al añadir estaciones adicionales 2. Pueden ser sincronizadas con el sistema 1 de SSR muy fácilmente debido al hecho de que cada estación 2 de radar secundario puede sincronizarse por sí sola automáticamente simplemente al recibir y procesar las señales 10 de sincronización difundidas desde una o más estaciones adicionales 2 ya sincronizadas. Las agrupaciones adyacentes de WAM no necesitan un protocolo especializado ni patentado para sincronizar sus bases de tiempo locales. Dado que cada estación 2 funciona en una base de tiempos común, una combinación arbitraria de todas las  
45 estaciones 2 del sistema de SSR puede formar una estación central 2 de procesamiento, muchas de las cuales pueden coexistir.

50 Una ventaja de la presente invención con respecto a la arquitectura de sincronización de WAM de la técnica anterior es que la malla de sincronización es libremente escalable e inherentemente redundante, es decir, la pérdida de un transmisor de baliza horaria (estación 2) puede ser compensada por otras estaciones 2. La presente invención utiliza enlaces entre transmisores para la red principal de sincronización. La ventaja es que estos enlaces pueden ser establecidos y evaluados con cálculos bidireccionales, monitorizando también cualquier efecto sobre la trayectoria de transmisión (que es retransmitida de nuevo). La sincronización bidireccional es descrita en detalle con referencia a la Fig. 2. En la Fig. 2, los componentes ya conocidos de la Fig. 1 y descritos con referencia a la Fig. 1 tienen los mismos signos de referencia que los de la realización según la Fig. 1.

55 Se explica la sincronización bidireccional en función de una estación 2 de radar secundario que difunde una señal 10 de sincronización, por ejemplo la estación A, que es recibida por otra estación 2 de radar secundario, por ejemplo la estación B. Como se ha mencionado anteriormente, la señal 10 de sincronización comprende un tiempo de transmisión de la señal 10, que es el punto en el tiempo cuando la señal 10 abandona la antena 3 de la estación A, en su carga útil.

Además, la estación A también recibe señales 11 de datos difundidas desde una o más de las otras estaciones B y C. Al recibir las señales 11 de datos procedentes de otras estaciones B y C, la estación A puede averiguar qué otras estaciones B y C se encuentran dentro del alcance. Por ejemplo, la estación D está dispuesta fuera del alcance y, por lo tanto, la estación A no recibe ninguna señal 11 de datos procedente de la estación D. Además, la estación A puede determinar información en relación con la trayectoria de transmisión entre la estación A y las otras estaciones B y C dentro del alcance. Esta información puede ser, por ejemplo, la calidad de transmisión. La información en relación con las diversas trayectorias de transmisión entre la estación A y las otras estaciones B y C puede ser introducida en una lista o base de datos en la estación A. La lista puede ser actualizada de vez en cuando. El contenido de la lista es transmitido a las otras estaciones B y C como información adicional que forma parte de la carga útil de las señales 10 de sincronización. Para reducir el ancho de banda necesario requerido para la sincronización de las estaciones 2 en las interfaces aéreas entre las estaciones 2, la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión entre la estación A y las otras estaciones B y C es transmitida menos a menudo que la información de sincronización. Por ejemplo, aunque se puede transmitir el tiempo de transmisión utilizado para la sincronización de las estaciones 2 al menos una o dos veces por segundo, es suficiente si la información adicional en relación con la o las trayectorias de transmisión es transmitida una vez por minuto o aún más infrecuentemente.

Junto con la información en relación con la duración de la transmisión de la señal 10 de sincronización desde la estación transmisora A hasta la estación receptora B (denominada tiempo de propagación) se utiliza el tiempo de transmisión extraído de la carga útil de la señal recibida 10 de sincronización en la estación receptora B para determinar una hora real de llegada en la estación receptora B en función de la base de tiempos de la estación emisora A. Esta hora de llegada en función de la base de tiempos de la estación emisora A es comparada en la estación receptora B con la hora real de llegada de la señal 10 en la estación receptora B en la base de tiempos de la estación receptora B. Al comparar estas dos horas de llegada, se puede calcular un valor de corrección para el reloj local de la estación B y se puede corregir el reloj de la estación B con el valor de corrección y puede ser sincronizado con el reloj local de la estación A. Por supuesto, también sería posible calcular una hora estimada de transmisión en el dominio temporal de la estación receptora B desde la hora real de llegada en el dominio temporal de la estación B y el tiempo de propagación de la señal 10 de sincronización. En ese caso, se compara el tiempo real de transmisión en el dominio temporal de la estación A de difusión con el tiempo estimado de transmisión en el dominio temporal de la estación receptora B para obtener el valor de corrección para el reloj local de la estación B.

Un elemento de incertidumbre es la información en relación con la duración de la transmisión (tiempo de propagación) de la señal 10 de sincronización desde la estación transmisora A hasta la estación receptora B si solo se calcula esta información en función de la distancia entre las dos estaciones A y B. La distancia hasta las otras estaciones 2 puede ser almacenada en todas las estaciones 2 de radar secundario del sistema 1 de SSR. Sin embargo, esto solo es posible en estaciones inmóviles 2. Además, esto implica que la estructura del sistema 1 de SSR, en particular el número y la identificación de todas las estaciones 2, es conocida y almacenada en todas las estaciones 2 de antemano. Esto reduce significativamente la flexibilidad del sistema 1 debido a que añadir nuevas estaciones 2 puede ser bastante complicado. Además, cada estación 2 tiene que tener un medio apropiado de almacenamiento para almacenar la información de la red.

Si las estaciones 2 son móviles, es ventajoso si las estaciones 2 están dotadas de medios para determinar su posición, por ejemplo, receptores de GPS u otros receptores similares de satélite. La información exacta acerca de la ubicación real de las estaciones 2 determinada por GPS o sistemas similares puede ser transmitida desde la estación emisora A hasta la estación receptora B como parte de la carga útil de las señales 10 de sincronización. Con esta información y conociendo su propia posición, las estaciones receptoras B pueden calcular valores bastante exactos para la distancia entre la estación A de difusión y la estación receptora B y, además, en la duración de la transmisión de la señal 10 de sincronización desde la estación transmisora A hasta la estación receptora B aunque las estaciones A, B sean estaciones móviles 2.

Se puede aumentar adicionalmente la precisión del valor de la duración de la transmisión de la señal 10 de sincronización si se determina la calidad de la transmisión entre las estaciones 2 del sistema 1 de SSR. Esto puede conseguirse por medio de las señales 11 de datos recibidas por la estación A que difunde las señales 10 de sincronización desde otras estaciones 2, por ejemplo las estaciones B y C. Un valor indicativo de la calidad de transmisión puede ser, por ejemplo, la duración real de transmisión de las señales adicionales 11 de datos desde las estaciones transmisoras B y C hasta la estación receptora A. La señal adicional 11 puede ser una señal de sincronización, que transporte información de sincronización en su carga útil, similar a la señal 10 de sincronización. Al evaluar las propiedades de tiempo de la señal transmitida 11 en la estación receptora A, se puede determinar un valor realista muy preciso para la duración de la transmisión de señales entre las estaciones A y B. Entonces, se puede insertar esta información en la carga útil de la señal 10 de sincronización y transmitirla desde la estación A hasta la estación B, lugar en el que es utilizada junto con otros valores de tiempo e información para calcular el valor de corrección para el reloj local. La transmisión de señales 10, 11 en ambas direcciones entre las estaciones 2 es parte de la sincronización bidireccional mostrada en la Fig. 2.

Aunque en la presente solicitud de patente se menciona la transmisión de datos desde una estación hasta otra, se aclara que esta no es una transmisión punto a punto de datos. Más bien, las señales transmitidas son señales

difundidas que son transmitidas por una cierta estación 2, por ejemplo la estación A, y pueden ser recibidas por cualquiera de las otras estaciones 2, por ejemplo las estaciones B, C, o D, dentro del área de cobertura de la estación A. Lo mismo se aplica a las señales 11 de retorno, que también son señales difundidas. No obstante, las señales difundidas 10 y/u 11 pueden contener información de dirección destinataria que asigna una cierta señal 10, 11 a una cierta estación receptora 2. Por ejemplo, la señal 10 de sincronización difundida por la estación C es recibida por las estaciones B y D (que, en el caso, están sincronizadas con la estación C). Si la señal 11 de retorno también contenía información de sincronización podría ser considerada una señal de sincronización. En ese caso la señal 11 de retorno transmitida por la estación C se correspondería con la señal 10 de sincronización difundida por la estación C, y la señal 10 de sincronización (como señal 11 de retorno) sería recibida por la estación A (que, en el caso, también está sincronizada con la estación C).

La Fig. 3 muestra una realización preferente del procedimiento para el control del tráfico aéreo por medio de un sistema 1 de SSR según la presente invención. El procedimiento según la Fig. 3 se ejecuta en una de las estaciones 2 de radar secundario del sistema 1 de SSR. El procedimiento comienza en el bloque funcional 20, en el que los temporizadores  $t_1$  y  $t_2$  están puestos a cero. En el siguiente bloque funcional 21 se difunde por medio de la estación 2 una señal 8 de interrogación de Modo S o cualquier otro tipo de señal difundida apropiada. Esta señal 8 puede ser recibida por el transpondedor 9 de una aeronave, que transmite una señal correspondiente 8 de Modo S o cualquier otro tipo de señal apropiada de respuesta. La señal 8 transmitida por el transpondedor 9 es recibida por la estación 2 de radar secundario en el bloque funcional 22. En el bloque funcional 23 se procesa la señal recibida 8 o al menos se determina información en relación con la ubicación y la altitud de la aeronave, posiblemente junto con información en relación con las propiedades de tiempo de la señal 8 en la estación 2 y es remitida a la unidad central 4 de procesamiento del sistema 1 de SSR por medio de enlaces 5 de comunicaciones. En la unidad 4 de procesamiento se calcula (unidad 6 de control) la ubicación de la aeronave y se visualiza junto con información adicional en relación con la aeronave (unidad 7 de visualización).

Entonces, en el bloque funcional 24, la estación 2 recibe al menos una señal 10 de sincronización difundida desde una o más estaciones adicionales 2. En el bloque funcional 25 se sincroniza el reloj local de la estación 2 dependiente del contenido, en particular el tiempo de transmisión, de la o las señales recibidas 1 de sincronización. Se transmite una señal 10 de sincronización aproximadamente una vez cada segundo por medio de cada una de las estaciones 2 del sistema 1 de SSR. Si la señal recibida 10 de sincronización comprende información adicional en relación con la trayectoria de transmisión desde la estación transmisora 2 hasta la estación receptora 2, lugar en el que se ejecuta el procedimiento, se extrae la información adicional de la carga útil de la señal 10 y es procesada para determinar con más precisión el tiempo de propagación que necesita la señal 10 para viajar desde la estación 2 de difusión hasta la estación receptora 2. Se descarta información adicional en relación con otras trayectorias de transmisión desde la estación transmisora 2 hasta otras estaciones, que no son la estación 2 en la que está ejecutándose el presente procedimiento. Sin embargo, también puede haber ejecutándose procedimientos similares al descrito aquí en esas estaciones. Cada estación 2 inserta información adicional en relación con la trayectoria de transmisión en la carga útil de la señal 10 de sincronización que transmite aproximadamente cada minuto, es decir aproximadamente cada sexagésima señal 10 de sincronización comprende la información adicional en relación con la calidad de la transmisión entre la estación transmisora y la estación receptora 2.

En un bloque 26 de interrogación se determina si el tiempo  $t$  ha superado un cierto valor de tiempo, por ejemplo un segundo. Si no lo ha hecho, la estación 2 continúa transmitiendo señales de interrogación de Modo S o similares y recibiendo señales de respuesta de Modo S o similares procedentes de transpondedores 9 de aeronave (bloques 21 a 23) y recibiendo señales 10 de sincronización procedentes de otras estaciones 2 y sincronizando su reloj local (bloques 24 y 25) hasta que el tiempo haya superado un segundo. Si el tiempo  $t$  ha superado un segundo, en el bloque funcional 27 se vuelve a poner el temporizador  $t_1$  a cero.

En el bloque funcional 28 la estación 2 difunde su propia señal 11, que puede ser recibida por otras estaciones 2 dentro del alcance y que puede contener información para sincronizar las otras estaciones 2. Por lo tanto, en esta realización la estación 2 difunde información de sincronización, en particular el tiempo de transmisión de la señal 11, cada segundo.

En un bloque 29 de interrogación, se determina si el tiempo  $t_2$  ha superado un cierto valor de tiempo, por ejemplo un minuto. Si no lo ha hecho, el procedimiento vuelve al bloque funcional 21 hasta que el temporizador  $t_2$  ha superado un minuto. Si el temporizador  $t_2$  ha superado un minuto, se vuelve a poner a cero el temporizador  $t_2$  en el bloque funcional 30. Entonces, en el bloque funcional 31 la estación 2 proporciona información adicional en relación con la calidad de transmisión a una o más de las otras estaciones 2 que va a ser insertada en la señal 11 de sincronización difundida por la estación 2 y recibida por otras estaciones 2 dentro del alcance durante la etapa 28 la siguiente vez que el procedimiento ejecuta esa etapa.

Entonces, el procedimiento vuelve a la etapa 21 en la que se transmiten de nuevo señales 8 de interrogación de Modo S o similares hasta que, un segundo después, la estación 2 transmite señales 11 de sincronización que comprenden, de nuevo, el tiempo de transmisión y, después de un minuto más, la estación difunde señales 11 de sincronización de nuevo con información adicional haciendo referencia a la trayectoria de transmisión entre la estación 2 y una o más de las otras estaciones 2.

Las señales 10 de sincronización recibidas por la estación 2 al igual que las señales 11 de sincronización difundidas por la estación 2 son recibidas o transmitidas, respectivamente, por medio de una interfaz aérea de la estación 2. De todas formas, la estación 2 está dotada de esta interfaz aérea para transmitir a la aeronave y recibir de la misma las señales difundidas 8 de Modo S o similares. Se utiliza el mismo soporte físico presente en las estaciones 2 para la sincronización de las estaciones 2 del sistema 1 de SSR. Por lo tanto, los mensajes de sincronización son transmitidos según un Modo S, un UAT o un estándar similar.

A continuación, se explica con más detalle la etapa 25 de sincronización del reloj local de la estación receptora 2 en el reloj de la estación transmisora con referencia a la Fig. 4. La sincronización de la estación 2 comienza en el bloque funcional 24 con la recepción de paquetes de datos de Modo S o similares difundidos por una de las otras estaciones 2 del sistema 1 de SSR. En el bloque funcional 40 se determina la hora de llegada de los paquetes de datos en función de la base de tiempos del reloj local de la estación receptora 2 (no sincronizada).

Entonces, se identifican los paquetes recibidos de datos en el bloque funcional 41 como parte de la señal 10 de sincronización. Con fines de identificación, los paquetes de datos que forman parte de la señal 10 de sincronización podrían comprender un cierto identificador. De forma alternativa, los paquetes de datos podrían ser identificados formando parte de la señal 10 de sincronización simplemente por su contenido. La estación receptora 2 podría determinar que los paquetes de datos contienen información de sincronización, como el tiempo de transmisión de las señales 10, en su carga útil.

Entonces, en el siguiente bloque funcional 42 la información de la carga útil que va a ser utilizada para la sincronización de la estación 2 es extraída de los paquetes recibidos de datos. Como ya se ha indicado anteriormente, esta información podría comprender, sin limitación:

- una identificación de la estación 2, que transmitió la señal 10 de sincronización,
- el punto en el tiempo cuando se ha transmitido la señal 10 de sincronización por medio de la estación transmisora 2 (tiempo de transmisión),
- información acerca de la trayectoria de transmisión entre la estación transmisora 2 y la estación receptora 2,
- la ubicación (por ejemplo, datos de GPS) de la estación transmisora 2,
- información de con cuál de las otras estaciones 2 del sistema 1 de SSR se sincroniza la estación transmisora 2,
- e
- información acerca de la calidad de la sincronización de la estación transmisora 2.

En el bloque funcional 43 se determina la duración de tiempo, que llevó la transmisión de la señal recibida 10 de sincronización desde la estación transmisora 2 hasta la estación receptora 2 (el denominado tiempo de propagación). Se puede determinar la duración de tiempo de muchas formas distintas. Por ejemplo, podría ser extraída directamente de la carga útil de los paquetes recibidos de datos, si fue transmitida como parte de la información adicional en la carga útil de la señal 10 de sincronización. Si la ubicación de la estación transmisora 2 fue transmitida como parte de la información adicional en la carga útil de la señal 10 de sincronización, se podría determinar la distancia entre la estación transmisora y la estación receptora 2 y, en su caso, el tiempo de propagación. Si la distancia entre la estación transmisora y la estación receptora 2 fue transmitida como parte de la información adicional en la carga útil de la señal 10 de sincronización, podría ser extraída de la carga útil y, en su caso, se podría determinar el tiempo de propagación. Finalmente, se podría extraer una identificación de la estación transmisora 2 de la señal recibida 10 y se podría utilizar para leer el tiempo de propagación desde una base de datos, en la que están almacenados todos los tiempos de propagación entre todas las estaciones 2 del sistema 1 de SSR. La información acerca de la calidad de la trayectoria de transmisión entre la estación transmisora 2 y la estación receptora 2 podría ser utilizada para aumentar la precisión de la determinación del tiempo de propagación.

A partir de entonces, en el bloque funcional 44, se calcula la hora de llegada de la señal recibida 10 al añadir la hora de transmisión (esta información es transmitida en la carga útil de la señal recibida 10 y extraída en la etapa 42) al tiempo de propagación determinado en la etapa 43. La hora de llegada calculada en la etapa 44 está basado en la base de tiempos de la estación transmisora (sincronizada).

En el bloque funcional 45 se calcula un valor de corrección para la base de tiempos (no sincronizada) del reloj local de la estación receptora 2. Este cálculo puede ser efectuado al comparar la hora real de llegada determinada en la etapa 40 (en función de la base de tiempos (no sincronizada) de la estación receptora 2) con la hora prevista de llegada calculado en la etapa 44 (en función de la base de tiempos (sincronizada) de la estación transmisora). La diferencia entre estas dos horas de llegada puede ser utilizada como el valor de corrección.

Finalmente, en el bloque funcional 46, se sincroniza el reloj local de la estación receptora 2 con el reloj local de la estación transmisora 2 al añadir el valor de corrección calculado en la etapa 45 a la base de tiempos local del reloj local de la estación receptora 2. De ahora en adelante, la estación receptora 2 está sincronizada con la estación transmisora 2 y puede, por su parte, transmitir señales 10 de sincronización para sincronizar otras estaciones 2. Por ejemplo, en las realizaciones mostradas en las Figuras 1 y 2, la estación C es sincronizada con la estación A. Entonces la estación C puede transmitir señales 10 de sincronización que son utilizadas para la sincronización de la estación D. De esa forma se puede sincronizar la base de tiempos de la estación A (por medio de la estación C) aunque la estación D no se encuentre dentro del área de cobertura de la estación A. Esto permite que la malla de

estaciones 2 sincronice todas las estaciones 2 del sistema 1 de SSR extendidas a un área muy amplia sin tener que establecer agrupaciones con distintas bases de tiempos.

5 Según la realización preferente de la presente invención mostrada en la Fig. 5, el transpondedor 9 de un usuario móvil o aéreo recibe las señales 10 de sincronización procedentes de estaciones transmisoras de radar secundario, como las estaciones A, C de radar. El usuario móvil o aéreo está dotado de un medio de procesamiento para determinar la posición geográfica actual del usuario a partir de la información indicativa del tiempo de transmisión de las señales 10 de sincronización extraída de las señales recibidas 10. Si el transpondedor 9 recibe señales 10 de sincronización de cuatro o más estaciones de radar secundario, el medio de procesamiento puede calcular con precisión la ubicación del usuario bidimensionalmente, al igual que tridimensionalmente. Sin embargo, si el transpondedor 9 recibe menos de cuatro señales 10, aparte de las señales recibidas 10 de sincronización y la información de sincronización contenida en las mismas, se puede utilizar información adicional de otros medios de determinación de la posición, en particular un equipo telemétrico (DME), para determinar la posición geográfica actual del usuario móvil o aéreo para proporcionar una funcionalidad completa de un sistema de navegación 2D/3D completamente independiente de los sistemas convencionales de navegación, como GPS o similares. En ese caso el medio de procesamiento del usuario aéreo procesa la información de sincronización contenida en las señales de tiempo difundidas por los transmisores A, C de baliza horaria al igual que información adicional procedente de otros medios de determinación de la posición, por ejemplo un DME. Preferentemente, los medios de procesamiento comprenden uno o más procesadores, en los que se ejecuta un programa de ordenador para llevar a cabo la localización del usuario aéreo en función de la información de sincronización procedente de las señales 10 y, posiblemente, en función de información adicional procedente de un DME. Según esta realización se utiliza una única señal, la señal 10 de sincronización, para la sincronización de las estaciones 2 de radar secundario del sistema 1 de SSR al igual que —al menos localmente dentro del alcance de las señales 10 de sincronización— para la localización de vehículos aéreos. Esto tiene ventajas particulares, en especial, cerca de aeropuertos, lugares en los que se puede reducir de forma significativa la cantidad de señales de RF necesarias para la sincronización de las estaciones 2 de radar secundario y para la localización de las aeronaves.

En aras de una mejor comprensión, en la Fig. 5 no se han mostrado las señales 8 de interrogación de Modo S, aunque también estén presentes, al menos temporalmente, en la realización de la Fig. 5.

## REIVINDICACIONES

1. Un radar secundario de vigilancia, denominado en lo sucesivo sistema (1) de SSR para el control del tráfico aéreo, comprendiendo el sistema (1) de SSR una pluralidad de estaciones de radar secundario ubicadas en posiciones conocidas (2) y un transpondedor (9) de un vehículo de tráfico aéreo dentro del alcance de cobertura de al menos algunas de las estaciones (2) de radar secundario, estando adaptado el sistema (1) de SSR para determinar una ubicación del vehículo de tráfico aéreo por medio de una medición del tiempo de propagación de las señales (8) de datos transmitidas entre las estaciones (2) de radar secundario y el transpondedor (9) del vehículo de tráfico aéreo, en el que cada una de las estaciones (2) de radar secundario funciona en base de tiempos local sincronizada, en el que se sincroniza una estación (2) de radar secundario dependiendo del contenido de las señales (10) de sincronización recibidas por la estación (2) de radar secundario a sincronizar, y difundidas por una de las otras estaciones (2) de radar secundario del sistema (1) de SSR, **caracterizado porque** la carga útil de las señales (10) de sincronización comprende información indicativa del tiempo de transmisión de las señales (10) de sincronización, porque el transpondedor (9) del vehículo de tráfico aéreo recibe señales (10) de sincronización procedentes de estaciones (2) de radar secundario y porque el vehículo de tráfico aéreo comprende un medio de procesamiento para determinar su posición geográfica real a partir de la información indicativa del tiempo de transmisión de las señales (10) de sincronización recibidas por el transpondedor (9).
2. Un sistema (1) de SSR según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las señales (10) de sincronización consisten en al menos dos paquetes de datos transmitidos consecutivamente y porque un valor del tiempo de transmisión de las señales (10) de sincronización es parte del contenido del segundo de los dos paquetes de datos transmitidos consecutivamente.
3. Un sistema (1) de SSR según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el valor del tiempo de transmisión está previsto en función del conocimiento obtenido de la transmisión del primero de los dos paquetes de datos transmitidos consecutivamente.
4. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las otras estaciones (2) de radar secundario que difunden las señales (10) de sincronización miden la diferencia de sus bases de tiempos por medio de mediciones bidireccionales al intercambiar señales de sincronización entre las mismas.
5. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** las señales (10) de sincronización son difundidas por interfaces aéreas utilizadas también para la comunicación con el vehículo de tráfico aéreo a ser localizado.
6. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** las señales (10) de sincronización son difundidas utilizando el mismo estándar utilizado también para la comunicación con el vehículo de tráfico aéreo a ser localizado.
7. Un sistema (1) de SSR según la reivindicación 6, **caracterizado porque** las señales (10) de sincronización son difundidas según un Modo S, un UAT, o un estándar VDL.
8. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el contenido de las señales (10) de sincronización comprende información adicional en relación con la trayectoria de transmisión entre la estación receptora (2) de radar secundario y la estación (2) de radar secundario que difunde las señales (10) de sincronización, en particular información que afecta al tiempo de propagación por la trayectoria de transmisión.
9. Un sistema (1) de SSR según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión comprende información acerca de las otras estaciones (2) de radar secundario, de las que la estación (2) de radar secundario que difunde las señales (10) de sincronización recibe señales, y acerca de la calidad de las señales recibidas.
10. Un sistema (1) de SSR según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado porque** se determina la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión en la estación (2) de radar secundario que difunde las señales (10) de sincronización por medio de señales (11) de datos recibidas allí y difundidas por la estación (2) de radar secundario que recibe la señal (10) de sincronización.
11. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado porque** la información adicional en relación con la trayectoria de transmisión es transmitida a una velocidad de transferencia menor que la información en relación con el tiempo de transmisión de las señales (10) de sincronización.
12. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** la información en relación con la ubicación de la estación (2) de radar secundario de difusión es parte del contenido de las señales transmitidas (10) de sincronización.

13. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** al menos una de las estaciones (2) de radar secundario del sistema (1) de SSR, en particular la estación (2) de radar secundario a ser sincronizada, está dotada de una fuente de alimentación que comprende una batería recargable por medio de un panel solar.
- 5 14. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** las estaciones (2) de radar secundario están adaptadas para difundir señales (8) de datos de interrogación y para recibir señales (8) de datos de retorno que comprenden información en relación con el vehículo de tráfico aéreo y emitidas desde el transpondedor (9) del vehículo de tráfico aéreo en respuesta a una señal recibida (8) de datos de interrogación que recibe el transpondedor (9), siendo remitidas las señales (8) de datos de retorno recibidas por las estaciones (2) de radar secundario a una unidad central (4) de procesamiento del sistema (1) de SSR para determinar una posición del vehículo de tráfico aéreo, en el que la información en relación con el vehículo de tráfico aéreo recibida del transpondedor (9) del vehículo de tráfico aéreo es remitida a la unidad central (4) de procesamiento por la misma interfaz inalámbrica por la que se transmiten las señales (10) de sincronización.
- 10
15. Un sistema (1) de SSR según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** aparte de las señales recibidas (10) de sincronización se utilizan otros medios de determinación de la posición, en particular un equipo telemétrico, para determinar la posición geográfica real de los vehículos de tráfico aéreo.
- 15
16. Un procedimiento para el control del tráfico aéreo por medio de un radar secundario de vigilancia, denominado en lo sucesivo sistema (1) de SSR, comprendiendo el sistema (1) de SSR una pluralidad de estaciones (2) de radar secundario ubicadas en posiciones conocidas y un transpondedor (9) de un vehículo de tráfico aéreo dentro del alcance de cobertura de al menos algunas de las estaciones (2) de radar secundario, en el que se determina la ubicación del vehículo de tráfico aéreo por medio de la medición del tiempo de propagación de las señales (8) de datos transmitidas entre las estaciones (2) de radar secundario y el transpondedor (9) del vehículo de tráfico aéreo, en el que cada una de las estaciones (2) de radar secundario funciona en una base de tiempos local sincronizada, que comprende las etapas de recibir en la estación secundaria (2) a ser sincronizada señales (10) de sincronización difundidas por una de las otras estaciones (2) de radar secundario del sistema (1) de SSR, y sincronizar la estación (2) de radar secundario a ser sincronizada dependiendo del contenido de las señales (10) de sincronización, **caracterizado porque** la carga útil de las señales (10) de sincronización comprende información indicativa del tiempo de transmisión de las señales (10) de sincronización, y **porque** comprende, además, las etapas de recibir por medio del transpondedor (9) del vehículo de tráfico aéreo las señales (10) de sincronización procedentes de estaciones (2) de radar secundario, y determinar en el vehículo de tráfico aéreo su posición geográfica actual a partir de la información indicativa del tiempo de transmisión de las señales (10) de sincronización recibidas por el transpondedor (9).
- 20
- 25
- 30
- 35

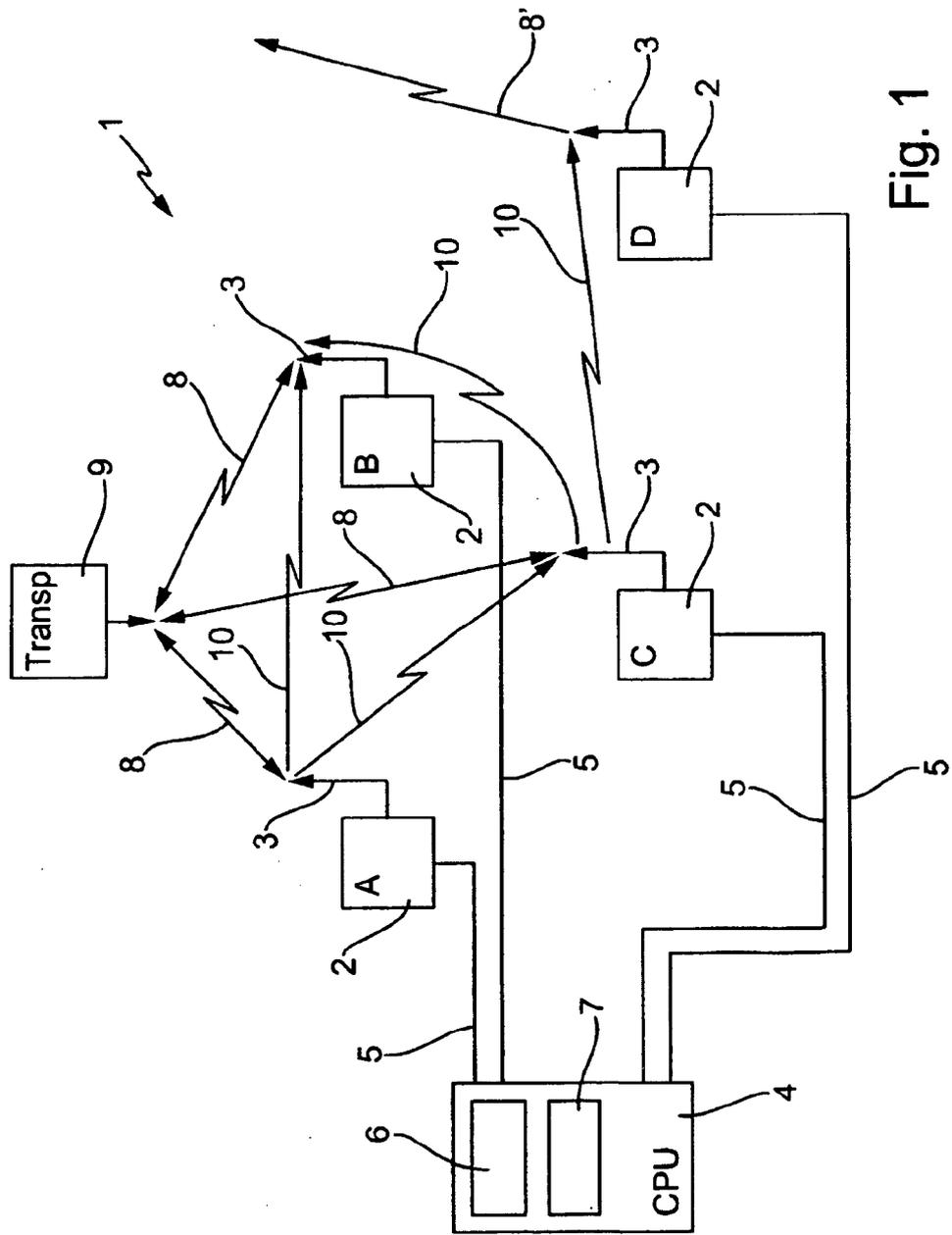


Fig. 1

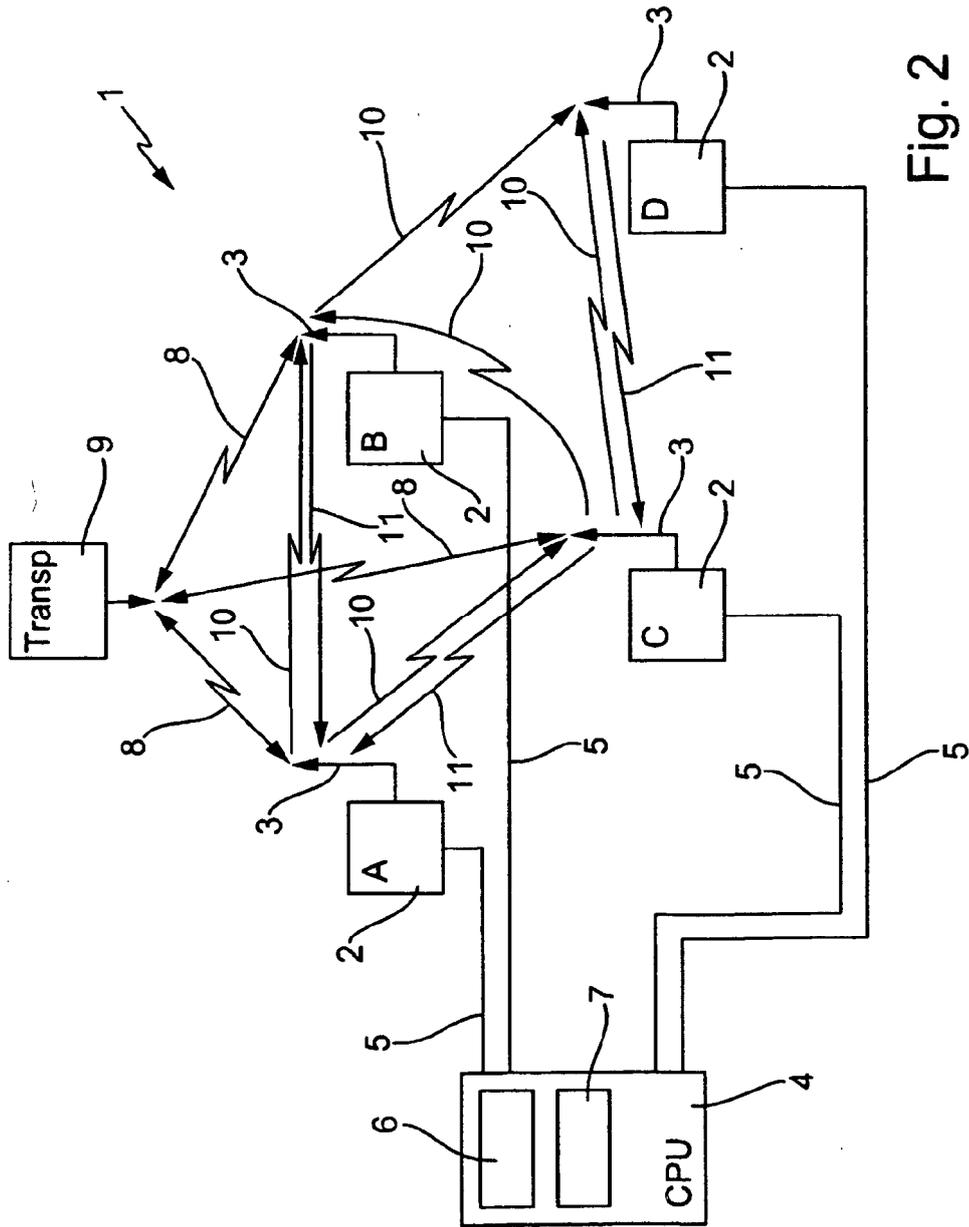


Fig. 2

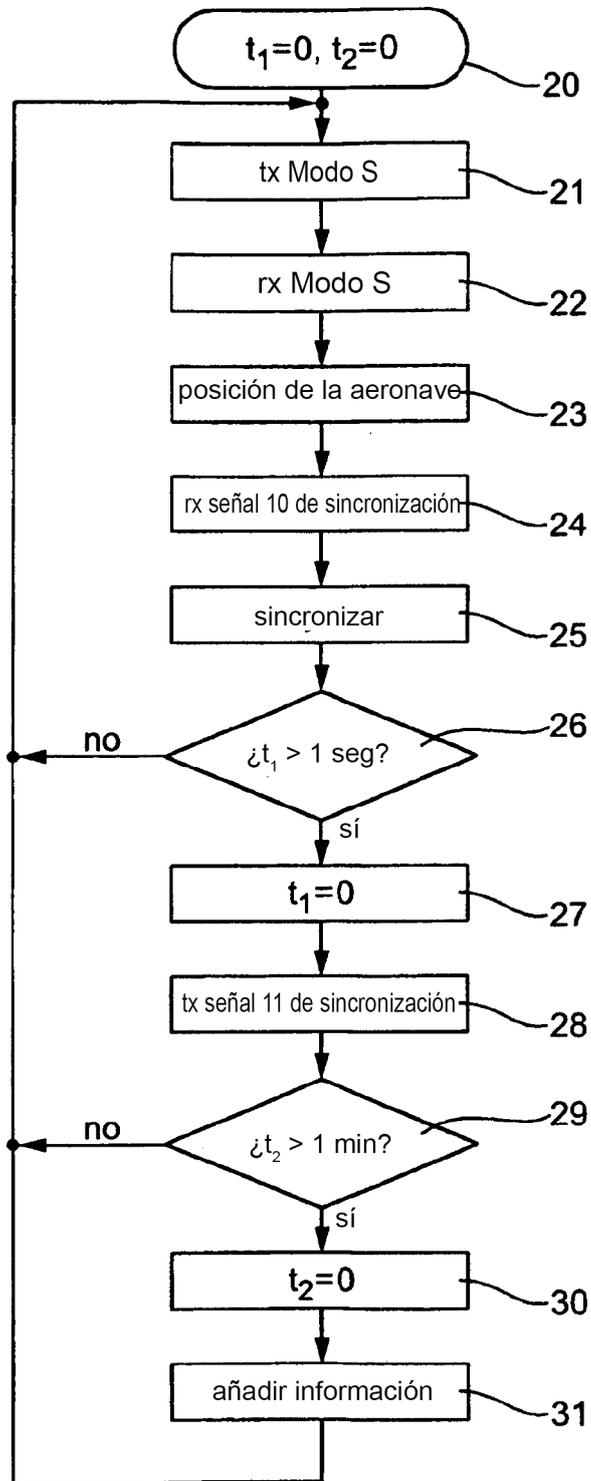
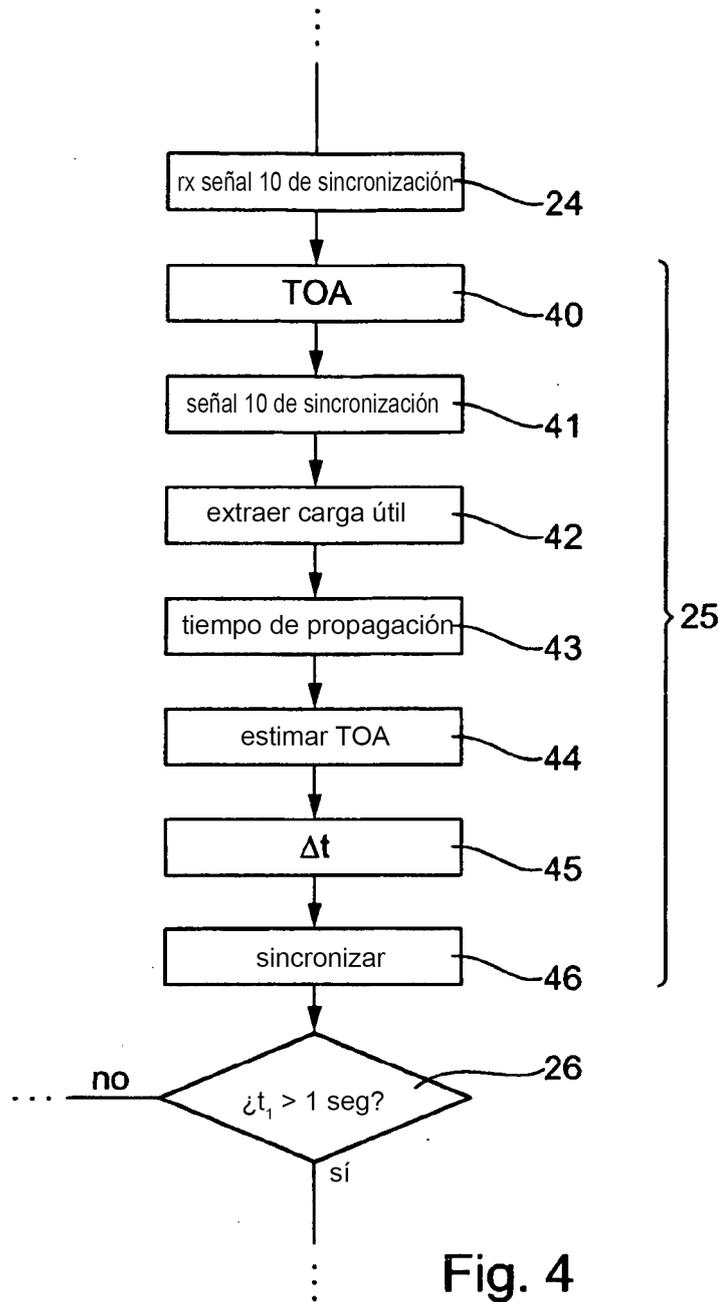


Fig. 3



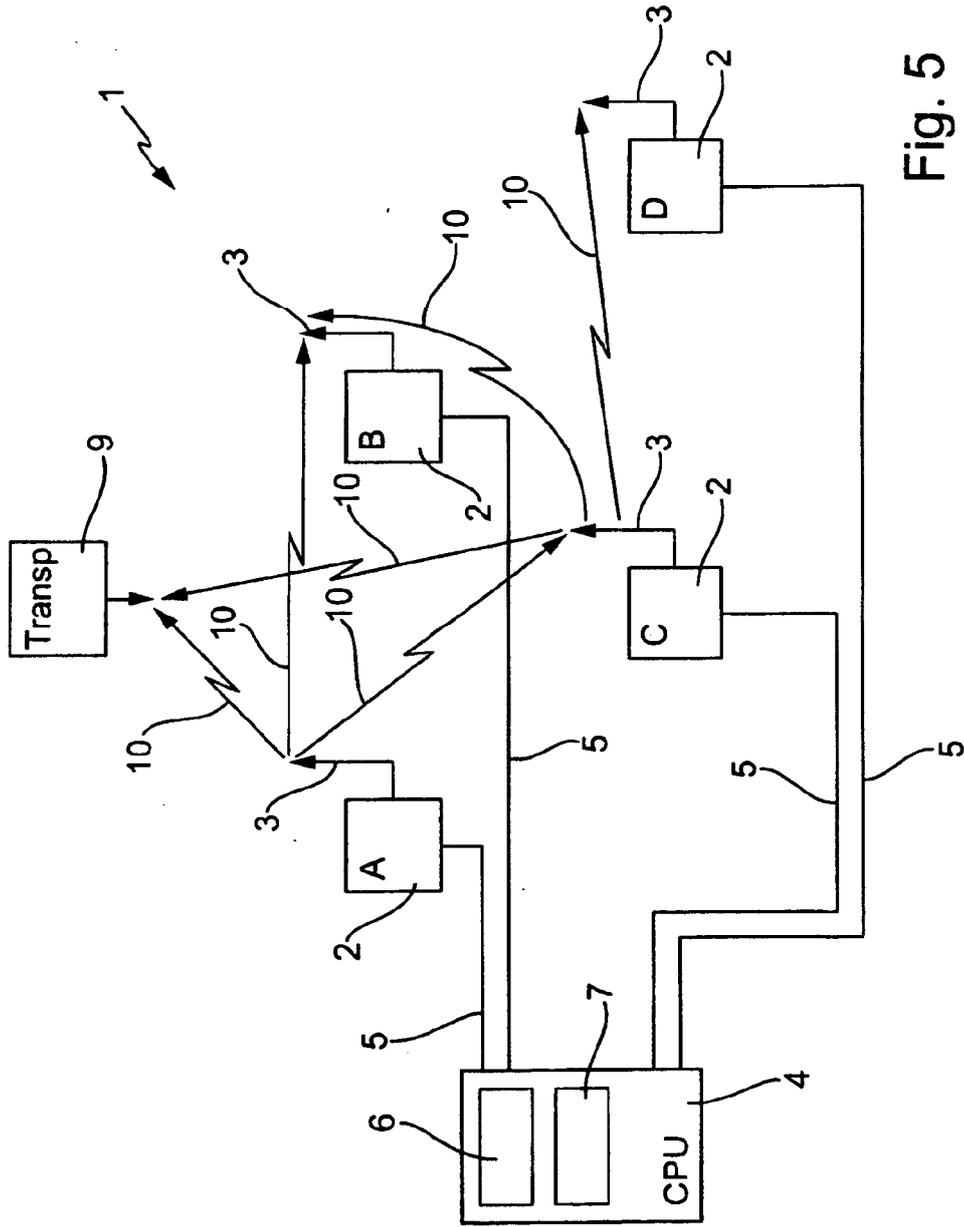


Fig. 5