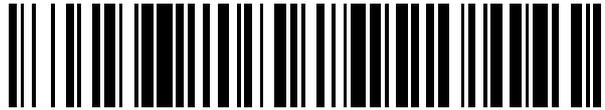


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 080**

51 Int. Cl.:

G01S 13/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2009 E 09784039 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015 EP 2342584**

54 Título: **Procedimiento para optimizar la gestión del tiempo de radar para radares secundarios que funcionan en modo S**

30 Prioridad:

31.10.2008 FR 0806075

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

01.10.2015

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

BILLAUD, PHILIPPE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 547 080 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

Procedimiento para optimizar la gestión del tiempo de radar para radares secundarios que funcionan en modo S

5 La invención se refiere al campo de los modos de funcionamiento de los radares secundarios, de los modos civiles en particular pero también se puede utilizar con los modos de funcionamiento militares. Esta se refiere en particular a la gestión del tiempo asignado a cada uno de los modos de interrogación utilizado por un radar secundario para interrogar a las aeronaves de las que garantiza el control.

10 En el campo de la vigilancia del tráfico aéreo el seguimiento de aeronaves en una zona dada del espacio aéreo está tradicionalmente garantizado por dos tipos de radares, los radares denominados primarios cuyo funcionamiento se conoce y que no requieren ninguna cooperación de los blancos seguidos, y los radares secundarios cuyo funcionamiento sigue un proceso interrogación-respuesta que necesita que el blanco interrogado, blanco cooperante, responda de acuerdo con un protocolo determinado. De este modo, el tiempo de funcionamiento de un radar secundario está de este modo principalmente consagrado a la emisión de mensajes sucesivos de interrogación y a la recepción de las respuestas correspondientes emitidas por los diferentes blancos seguidos.

15 En la actualidad el control del tráfico aéreo por medio de radares secundarios utiliza un número importante de modos de interrogación. Estos modos se caracterizan en particular por el tipo de aeronave, civil o militar, a la cual están destinados y por el carácter general o específico de las interrogaciones realizadas. De este modo, se distinguen en particular:

- los modos de interrogación de tipo IFF, de uso puramente militar, como los modos SSR 1, 2 y 4 para los cuales las interrogaciones emitidas por el radar secundario están destinadas a todas las aeronaves militares;
- 20 – los modos de interrogación de tipo SSR, de uso civil y militar, como los modos SSR 3/A y C para los cuales las interrogaciones emitidas por el radar secundario tienen un destino general, es decir están destinadas a todas las aeronaves civiles y militares;
- los modos de interrogación de tipo “All Call” (o “AC”) según la denominación anglosajona, para los cuales las interrogaciones emitidas por el radar secundario también están destinadas a las aeronaves Modo S a priori aun no gestionadas por el radar en interrogaciones selectivas;
- 25 – los modos de interrogación de tipo “Roll Call” (o “RC”) según la denominación anglosajona, para los cuales las interrogaciones selectivas emitidas por el radar secundario tienen un destino particular, estando cada interrogación selectiva destinada a una aeronave dada que es la única que debe responder a esta interrogación.

30 Debido a la creciente densidad de aeronaves en circulación en una misma zona del espacio, y a la diversidad de los modos de interrogación, la optimización del tiempo de radar, es decir la optimización del número de interrogaciones que se pueden realizar en un tiempo dado, representa por principio una tarea difícil de realizar correctamente. En efecto, el tiempo al cabo del cual llega al radar la respuesta a una interrogación dada está en particular ligado al protocolo empleado por la interrogación y a la distancia de la aeronave al radar, distancia que se sitúa en los límites del alcance con instrumentos del radar.

35 El problema de la optimización de la gestión del tiempo se plantea, por lo tanto, de manera cada vez más aguda, tanto para los sistemas civiles como militares, encargados del control del tráfico aéreo (ATC por “Air Traffic control” según la denominación anglosajona). Para responder a las restricciones de seguridad, los radares civiles (ATC) deben en efecto poder a la vez garantizar una cobertura de largo alcance, garantizar para cada blanco seguido un número de disparos directos importante, de manera más particular para los modos de interrogación SSR e IFF, aplicando unas velocidades de rotación de antena cada vez más elevadas, en relación con las cadencias demandadas en materia de actualización de las informaciones por el radar. Los radares militares deben, por su parte, además de las tareas de interrogación conferidas a los radares civiles, los modos SSR-3/A, SSR_C y el modo S (o MS) en particular, garantizar también las tareas de interrogación en modos militares (modos 1, 2, 4, 5).

45 Esto da como resultado que el tiempo de iluminación que se puede asignar a un blanco dado se vuelve un recurso escaso y aun más cuando la velocidad de rotación del radar es importante y cuando el número de blancos que hay que tratar va creciendo.

50 Una solución aplicada hoy en día en el campo de los radares militares consiste en establecer en varias vueltas (tradicionalmente entre dos y cuatro vueltas) la utilización de estos diferentes modos de interrogación de las aeronaves seguidas. En consecuencia, el porcentaje de renovación de la información se vuelve más bajo lo que conduce a un resultado, en términos de actualización de la información, opuesto al buscado por la utilización de una velocidad de rotación de antena más elevada. Dicha solución es, por otra parte, incompatible con las restricciones de seguridad impuestas en el campo del control del tráfico aéreo civil, que exigen una renovación regular de la información en cada vuelta de antena.

55 En el estado actual de la técnica, la consideración de las restricciones de seguridad impuestas por las autoridades de la aviación civil internacional han llevado hasta este día a los industriales del sector a asignar unos periodos dedicados a los diferentes tipos de interrogación utilizados (AC, RC, IFF o SSR) y para secuenciar estas interrogaciones de manera alterna. De este modo, cada tipo de interrogación ve asignado un periodo de duración definida de tal modo que el tiempo de radar se descompone en una sucesión de periodos consecutivos, dedicados

en alternancia a cada tipo de interrogación. El número de periodos IFF y SSR debe ser suficiente por vuelta de la antena para garantizar la detección correcta de la aeronave en el modo SSR e IFF considerado.

El documento Eurocontrol titulado "Principles of Mode S Operation and Interrogation Code" del 18/03/2003 explica por otra parte con claridad que se recomienda una asignación temporal para cada tarea.

5 De este modo, en el estado de la técnica, durante cada intervalo de tiempo dedicado a los periodos de interrogación de tipo RC ("Roll Call") el radar secundario se ve obligado, siendo la gestión de los modos la que es, a responder a dos exigencias:

- gestionar el entrelazamiento de las tareas de interrogaciones selectivas en modo S de las aeronaves que funcionan en este modo y que se encuentran en el lóbulo de antena considerado y de las tareas de recepción y de tratamiento de las respuestas selectivas devueltas por estas aeronaves, de tal modo que en particular la emisión de una interrogación no se produzca en un instante para el cual otra respuesta selectiva a una anterior interrogación selectiva llega al radar, y que no se solapen dos interrogaciones selectivas o incluso dos respuestas selectivas;
- interrogar de forma selectiva con éxito, es decir generando una respuesta selectiva decodificada positivamente por el radar, al menos una vez a cada aeronave que funciona en modo S durante el intervalo de tiempo durante el cual su posición es barrida por el lóbulo de antena.

La disposición de estas tareas debe, por otra parte, realizarse sin solapamiento de tal modo que se eviten los fenómenos de interferencia síncrona entre respuestas selectivas.

20 Con la introducción del modo S, la proporción de aviones equipados con medios que les permitan utilizar este modo S (MS) era reducido, del orden de un 20 %. En consecuencia, en el intervalo de tiempo fijo dedicado a las interrogaciones de tipo Roll Call, era posible proceder a la interrogación de todas las aeronaves susceptibles de ser interrogadas en modo S, teniendo en cuenta el ancho del haz del radar y su posición en el instante considerado. El resto de las aeronaves, en una proporción del orden de un 80 %, era por tanto objeto e interrogaciones en modo IFF, en modo SSR o en modo S All Call (o AC).

25 En la actualidad, la situación se ha invertido completamente y se puede considerar que en Europa en particular la mayor parte de las aeronaves (más del 95 %) están equipadas con unos medios que solo permiten su interrogación en modo S mientras que solo un 5 % están equipadas con unos medios que solo permiten interrogarlas en modos SSR e IFF. Esta inversión tiene como principal consecuencia que, al estar fijadas las duraciones de los periodos de interrogación que corresponden a los diferentes modos, el intervalo de tiempo dedicado a las interrogaciones de tipo Roll Call se vuelve insuficiente para responder a las necesidades del tráfico mientras que en paralelo aquellos dedicados a las interrogaciones de tipo All Call o SSR están en una buena parte infrautilizados.

35 El principio de una asignación fija de la duración de los intervalos de tiempo que corresponden a cada tipo de interrogación y de la alternancia de las tareas correspondientes, ya no es por lo tanto adecuado y conviene aplicar un principio más adaptado, que sin embargo cumpla con las restricciones generales impuestas por las autoridades de la aviación civil internacional.

Los siguientes documentos describen unos sistemas de radares secundarios:

- Orlando y otros: "Mode S Beacon System: Functional Description", Project Report Lincoln Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, n°. ATC-42 (rev. D), AD-A174 950, 29 de agosto de 1986;
- Baker J. L. y otros: "Mode S System Design and Architecture", Proceedings of the IEEE, Nueva York, vol. 77; n°. 11, 1 de noviembre de 1989, páginas 1.684-1.694;
- documento EP 0 633 481 A1; y
- documento EP 1 640 743 A2.

45 Un objetivo de la invención es ofrecer una solución que permita resolver el problema planteado y en particular utilizar de manera óptima el tiempo de radar para interrogar al máximo de aeronaves mientras dure el paso del lóbulo de antena.

Para ello la invención tiene por objeto un procedimiento de gestión en tiempo real y de secuenciación de los intercambios de informaciones entre un radar secundario que funciona en modo S y una multitud de aeronaves, realizándose los intercambios entre el radar y una aeronave dada, según la aeronave considerada, bien en un modo de interrogación no selectiva, SSR, IFF o "All Call", o bien en un modo de interrogación selectiva "Roll Call".

50 De acuerdo con la invención este procedimiento se caracteriza principalmente porque los intercambios de informaciones según los modos de interrogación no selectiva se realizan durante unos periodos sucesivos, estando cada periodo asignado específicamente a uno o varios modos no selectivos, los intercambios en modo de interrogación selectiva se realizan en forma de transacciones, constituyendo cada transacción un intercambio de informaciones entre el radar y una aeronave dada e intercalándose temporalmente en los intervalos de tiempo no utilizados de las secuencias de operaciones interrogación-respuesta en modo no selectivo.

De acuerdo con una forma preferente de aplicación, el procedimiento de acuerdo con la invención consta al menos:

- de un primer módulo encargado de la gestión temporal y de la disposición de los intercambios que hay que realizar durante los periodos asignados a unos intercambios en modo no selectivo;
- de un segundo módulo encargado de la gestión temporal de las transacciones que hay que realizar en modo selectivo;
- de un tercer módulo encargado de la disposición en el tiempo de las transacciones que hay que realizar en modo selectivo y de la inserción de las interrogaciones y de las respuestas que constituyen estas transacciones en los periodos asignados a los intercambios en modo no selectivo,

el segundo módulo proporciona al tercer módulo las informaciones relativas a las transacciones que hay que realizar teniendo en cuenta la posición de la antena de radar y el primer módulo proporciona al tercer módulo, para cada periodo asignado a unos intercambios en modo no selectivo, informaciones relativas a la posición y a la duración de los intervalos de tiempo durante los cuales no es posible otro intercambio.

De acuerdo con una variante de esta forma preferente de aplicación, el segundo módulo gestiona además temporalmente las tareas asociadas que hay que realizar y el tercer módulo inserta estas tareas en la secuenciación general.

De acuerdo con esta variante, las tareas asociadas se ejecutan durante los intervalos de tiempo de los periodos asignados a los intercambios en modo no selectivo, durante los cuales no se puede ejecutar ninguna operación de interrogación o de escucha de respuesta que forme una transacción en modo selectivo.

De acuerdo con esta variante, las tareas asociadas son tareas de prueba del buen funcionamiento del radar.

De acuerdo con una forma preferente de aplicación que se puede combinar con la forma anterior, el segundo módulo elabora un indicador de sobrecarga previsible de las transacciones en modo selectivo, y transmite este indicador al primer módulo y al sistema de gestión espacio-temporal del radar.

El indicador se activa si, teniendo en cuenta el número de transacciones en modo selectivo que hay que realizar y los intervalos de tiempo durante los cuales no se puede realizar ninguna transacción, no es posible realizar todas las transacciones requeridas en modo selectivo.

De acuerdo con esta forma de aplicación, cuando se activa el indicador de sobrecarga previsible, el primer módulo modifica el encadenamiento de los periodos de intercambio de información en modo no selectivo para insertar unos periodos de intercambio de información en modo selectivo en este encadenamiento, realizándose entonces los intercambios de información en modo selectivo a la vez en forma de transacciones realizadas de manera asíncrona y en forma de transacciones ejecutadas durante los periodos asignados a los intercambios en modo selectivo que se han insertado.

Las características y ventajas de la invención se apreciarán mejor por medio de la descripción que viene a continuación, descripción que describe la invención a través de una forma particular de realización tomada como ejemplo no limitativo y que se apoya en las figuras adjuntas, figuras que representan:

- las figuras 1 y 2, unas ilustraciones del estado de la técnica en materia de encadenamiento de los periodos de tipo SSR y ALL CALL (AC) y de los periodos de tipo ROLL CALL (RC);
- la figura 3, la ilustración del principio de encadenamiento, de acuerdo con el estado de la técnica actual, de los diferentes periodos de interrogación utilizados por un radar civil;
- la figura 4, la ilustración del principio de encadenamiento de los diferentes periodos y secuencias de interrogación, obtenido por medio del procedimiento de acuerdo con la invención;
- la figura 5, un esquema descriptivo de los principales módulos que constituyen el procedimiento de acuerdo con la invención;
- la figura 6, la ilustración de una aplicación ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención

Las ilustraciones de las figuras 1 a 3 tienen por objeto poner de relieve el problema planteado ilustrando el principio de secuenciación utilizado en la actualidad.

Como se ha dicho con anterioridad, un primer principio de interrogación consiste para el radar secundario en emitir periódicamente un mensaje de interrogación con un destino general en el cual, en ausencia de instrucciones más precisas, cada aeronave que haya recibido este mensaje debe responder. De acuerdo con este primer principio de interrogación, que corresponde en la práctica a los modos de interrogación SSR y All Call (AC) (tráfico aéreo civil) e IFF (tráfico aéreo militar), un periodo de intercambios se compone, como se ilustra en la figura 1, de una primera fase 11 en la que el radar emite, con un destino general, una interrogación 12 en modo All Call y/o una interrogación 13 en modo SSR. A esta primera fase 11 le sigue una segunda fase 14 durante la cual el radar está la escucha de eventuales respuestas 15 o 16 en modo All Call o en modo SSR. La duración de la segunda fase 14 está principalmente condicionada por el alcance del radar. Los intervalos de tiempo no utilizados por las escuchas 15 y 16 se utilizan por lo general para implementar tareas 17 asociadas tales como las tareas de prueba.

Un segundo principio de interrogación, ilustrado en la figura 2, consiste por su parte para el radar secundario en emitir una serie de mensajes 21 de interrogación dedicados cada uno de los cuales está destinado a una aeronave particular y al cual solo esta aeronave está autorizada para responder. Después de la recepción del mensaje 21 de interrogación, la aeronave concernida devuelve una respuesta 22.

5 De acuerdo con este principio los mensajes de interrogación se emiten en instantes seleccionados de tal modo que la emisión de un mensaje de interrogación no impida la recepción de una respuesta enviada por una aeronave previamente interrogada. Para ello la definición de los periodos de escucha de las respuestas devueltas tiene en cuenta en particular la incertidumbre de posición que calcula el seguimiento a partir de las posiciones del blanco en las vueltas anteriores y de las posibilidades de maniobra de la aeronave concernida. El principio garantiza también
10 que los periodos de escucha no se solapan.

Este segundo principio de interrogación selectiva, que corresponde en la práctica a las interrogaciones de tipo ROLL CALL en modo S, supone por lo tanto que el radar secundario haya detectado previamente a cada aeronave concernida (en una interrogación de tipo All Call) y que esté además equipada con unos medios que le permitan identificar que el mensaje de interrogación dedicado considerado está destinado a ella. También supone que la
15 posición en cada instante de cada aeronave susceptible de ser interrogada sea continua. Supone, además, tener en cuenta para el envío de una interrogación selectiva dada, la posición prevista de la aeronave concernida, al ser posible la interrogación de una aeronave particular en un instante dado solo si la aeronave está situada en la zona barrida por el haz de radar en ese instante.

De acuerdo con este segundo modo, el radar secundario, teniendo en cuenta la dirección apuntada por el haz y las
20 informaciones de seguimiento de las que dispone, emite unos mensajes de interrogación 21_i ($i = a, b, c, \dots$ etc.) destinados a diferentes aeronaves que se encuentran con toda probabilidad en la zona barrida por el haz de radar y recoge las respuestas 22i proporcionadas por cada una de las aeronaves.

En un funcionamiento de tipo Roll Call, la secuenciación de conjunto, y en particular el instante de emisión de un
25 mensaje de interrogación se determina por lo tanto de manera dinámica en función de las posiciones esperadas de las aeronaves interrogadas. La restricción principal es aquí doble.

Es preciso, por una parte, que una interrogación se emita solo en un instante dado si no puede recibirse ninguna respuesta esperada en ese instante.

Es preciso, por otra parte, que una interrogación se emita en un instante dado solo si, teniendo en cuenta las
30 posiciones relativas de las aeronaves concernidas por estas interrogaciones, no puede llegar ninguna respuesta a una interrogación anterior de forma simultánea a la respuesta correspondiente a la interrogación emitida. Dicho de otro modo, la secuenciación de los instantes de emisión de los mensajes 21 de interrogación selectiva en una secuencia de tipo Roll Call (RC) debe tener en cuenta, por una parte, la dirección apuntada por el haz de antena y, por otra parte, las distancias de las diferentes aeronaves que pueden ser interrogadas por el radar durante el intervalo de tiempo considerado.

35 Por otra parte, aunque presenta numerosas ventajas, la utilización del modo de interrogación Roll Call presenta como contrapartida el inconveniente de implicar una gestión del tiempo relativamente complicada. En efecto, a medida que aumenta el número de aeronaves que deben gestionarse en modo RC la optimización de la utilización del tiempo de radar dedicado a los intercambios en modo RC, de tal modo que se realice el mayor número de intercambios posible, es cada vez más difícil. En la práctica, establecido el régimen de funcionamiento, la mayoría
40 de las aeronaves son interrogadas en modo Roll Call y solo algunas aeronaves, por ejemplo aquellas que entran en el espacio vigilado y aun no identificadas en el instante considerado o aquellas equipadas con unos medios que solo les permiten utilizar el modo SSR o All Call responden en los periodos dedicados a las interrogaciones-respuestas de este tipo. De este modo, en la actualidad, como se ilustra en la figura 3, los rangos 31 temporales fijos asignados al funcionamiento en modo All Call están por lo general infra-utilizados mientras que los rangos 32 de tiempo
45 asignados al funcionamiento en modo Roll Call están saturados. El problema consiste, por lo tanto, en encontrar un medio para incrementar el tiempo asignado al funcionamiento en modo Roll Call.

El procedimiento de gestión de acuerdo con la invención permite, por su parte, considerar otro tipo de disposición. Este tipo de disposición, ilustrado en la figura 4, permite cumplir con las restricciones temporales impuestas por las
50 diferentes normativas aplicables al control del tráfico aéreo, en particular en lo que se refiere a la necesidad de asignar una duración mínima a cada intervalo de tiempo asignado a las interrogaciones de tipo SSR, IFF y All Call. Consiste principalmente en sustituir una disposición nueva a la disposición completamente síncrona de acuerdo con la técnica anterior, disposición que consiste en una sucesión de periodos de interrogación específicamente asignados a unas operaciones de interrogación en modo All Call, SSR o IFF, separadas unas de las otras por uno o varios periodos de tipo Roll Call.

55 De acuerdo con esta disposición original, que se puede calificar de mixta, se forma una sucesión continua de periodos 41 de interrogación en modo All Call, SSR o IFF (las interrogaciones de tipo IFF no están representados en la figura en aras de la claridad), en las que se insertan unas tareas 42 de interrogación-respuesta, transacciones, en modo Roll Call, gestionadas de manera asíncrona con respecto a las interrogaciones en modo All Call o SSR (o

IFF).

Desde un punto de vista temporal, la disposición de acuerdo con la invención está gestionada por un procedimiento de secuenciación cuya función consiste a partir de las diferentes informaciones que se le proporcionan, en sacar provecho de los intervalos de tiempo dejados libres en cada uno de los periodos All Call o SSR (o IFF) para ejecutar unas tareas de interrogación-escucha en modo Roll Call. Las tareas Roll Call ejecutadas se determinan a partir del conocimiento que el radar tiene a priori, para cada aeronave interrogada en modo Roll Call, de la duración de las señales emitidas y recibidas, de la distancia que le separa del radar (el conocimiento de la distancia que integra la incertidumbre de la predicción de la posición de la aeronave considerada), y por lo tanto del tiempo ΔT_i ($i = a, b, c, \dots$ etc.) que separa la interrogación emitida por el radar de la respuesta devuelta por la aeronave. De este modo, la secuenciación de las interrogaciones selectivas de tipo Roll Call aunque siempre ligada temporalmente a la secuenciación de las interrogaciones en modo All Call y SSR ya no está ligada al encadenamiento rígido de los periodos de duraciones fijas que forma esta secuenciación y en las que se sitúan las interrogaciones en modo All Call o SSR o IFF. De este modo, el asincronismo implementado permite de manera ventajosa optimizar el tiempo de radar organizando las interrogaciones de tipo Roll Call en una secuencia única continua, asíncrona de los periodos All Call, SSR e IFF, que de este modo permite sacar el mayor provecho del tiempo de radar disponible. Además, al ya no estar las interrogaciones selectivas en modo RC restringidas en un periodo RC específicamente asignado a estas tareas, se pueden situar de manera ventajosa estas interrogaciones de manera espontánea conforme aparecen sin tener que aplicar un algoritmo de optimización de esta ubicación, optimización necesaria cuando todas las interrogaciones deben ejecutarse en un periodo específicamente dedicado a las transacciones en modo RC. De este modo la ubicación puede dar preferencia según las necesidades bien a la optimización de los porcentajes de ocupación del tiempo de radar, o bien a un aumento de reactividad frente a un entorno contaminado pero poblado con una baja densidad de aeronaves. En consecuencia, la restricción resultante ya no es tener que gestionar, en unos intervalos de tiempo de duración fija, un número de interrogaciones $21_i, 22_i$ cada vez más importante, sino más bien gestionar de manera optimizada la utilización de tiempos muertos que pueden existir para realizar el máximo de interrogaciones y respuestas selectivas durante cada tiempo muerto. Esta sustitución de una restricción por otra más flexible permite de manera ventajosa tratar en un tiempo dado un mayor número de aeronaves.

Hay que señalar que el procedimiento de acuerdo con la invención permite gestionar las tareas asociadas, las tareas 17 de prueba en particular, de acuerdo con el mismo principio que las transacciones en modo Roll All, es decir de forma asíncrona de la secuenciación de los periodos asignados. De este modo, la ejecución de las tareas asociadas se garantiza utilizando lo mejor posible los intervalos de tiempo dejados disponibles en los periodos asignados a los modos IFF, SSR y All Call y no empleados para realizar unas transacciones en modo Roll Call. De este modo, se está en condiciones de ejecutar las tareas asociadas en unos instantes adecuados seleccionados en función del número de intercambios de informaciones que hay que garantizar.

Para constituir la disposición de acuerdo con la invención, descrita en la figura 4, el procedimiento de acuerdo con la invención implementa diferentes módulos de tratamiento presentados de manera ilustrada en la figura 5.

Como se puede comprobar en la figura, el procedimiento 51 consta principalmente de tres módulos 52, 57 y 59 que comunican entre sí e intercambian informaciones con los demás elementos funcionales del radar.

El primer módulo 52 se encarga de garantizar la gestión de los periodos dedicados a los intercambios en modos SSR, IFF y All Call. Para ello, recibe informaciones 56 que le permiten determinar el encadenamiento de los modos de interrogación y la duración de los periodos correspondientes, en la dirección apuntada por la antena. Estas informaciones son, por ejemplo, para cada periodo el alcance con instrumentos deseado para el acimut considerado, o incluso el modo de comunicación deseado SSR, IFF y All Call. El módulo 52 elabora principalmente los mensajes 55 que describen las interrogaciones que hay que realizar y los envía al subconjunto encargado de generar estas interrogaciones.

El módulo 52 recibe, además, conforme se elaboran, las informaciones 53 relativas a las posiciones previstas de las aeronaves que funcionan en estos modos cuyo desplazamiento ya lo ha tenido en cuenta el sistema de seguimiento del radar. Estas informaciones las transmite al modulo 52 el sistema encargado del seguimiento, en forma de retornos previstos que dan en particular la posición en acimut y en distancia de la aeronave así como la incertidumbre asociada a esta posición.

A partir de las informaciones relativas al modo de interrogación que hay que emplear, informaciones de seguimiento e información 54 relativa a la posición de la antena, el módulo 52 elabora principalmente, para cada periodo 41, unos mensajes destinados al modulo 59 relativos a los intervalos de tiempo que corresponden a las interrogaciones realizadas y a las respuestas esperadas durante este periodo, estando por tanto estos intervalos de tiempo vedados para cualquier otra transacción.

El segundo módulo 57 se encarga de garantizar la gestión de los intercambios en modos Roll Call. Para ello, como el módulo 52 recibe en particular, conforme se elaboran, las informaciones 58 relativas a las posiciones previstas de las aeronaves que funcionan en este modo cuya evolución ya la ha tenido en cuenta el sistema de seguimiento del radar, así como las informaciones relativas a las transacciones que hay que realizar para cada una de estas aeronaves. Para ello, tiene en cuenta las informaciones 58 de posiciones de las aeronaves que, previamente

interrogadas en modo All Call se han declarado capaces de funcionar en modo Roll Call. En la práctica, estas informaciones las transmite en el seguimiento el subconjunto encargado de tratar las respuestas devueltas por las aeronaves interrogadas, dicho seguimiento las utiliza para predecir la posición de la aeronave en la siguiente vuelta.

5 A partir de las informaciones de las que dispone y de la información 54 relativa a la posición de la antena, el módulo 57 determina los blancos visibles por el radar en el instante considerado y elabora unas peticiones relativas a las tareas de interrogación-respuesta (p. ej. a las transacciones) en modo Roll Call que hay que ejecutar. Transmite estas informaciones, de acuerdo con una secuenciación adecuada, al módulo 59 encargado de garantizar la secuenciación de estas tareas.

10 El segundo módulo 57 también se encarga de tener en cuenta las transacciones en modo Roll Call ya inicializadas en el lóbulo de antena con un blanco dado y que por alguna razón necesita un nuevo intercambio con este blanco. Este es por ejemplo el caso cuando la interrogación emitida no ha provocado ninguna respuesta o cuando la respuesta recibida es errónea. También es el caso cuando el blanco requiere una nueva transacción, para una transferencia de información por ejemplo. En dicha circunstancia el módulo 57 prepara para el módulo 59 una (o varias) nueva petición de transacción.

15 En una forma preferente de realización, el módulo 57 también recibe informaciones relativas a diferentes tareas asociadas que hay que realizar, como en particular las tareas de prueba, tarea que de acuerdo con la técnica anterior conocida se realizan en instantes fijos a lo largo de los periodos de interrogación de tipo SSR, IFF o All Call.

20 El tercer módulo 59 tiene como función principal determinar la disposición temporal óptima de las transacciones solicitadas por el módulo 57. Para ello, recibe del módulo 52 informaciones relativas a los intervalos de tiempo durante los cuales no es posible ninguna transacción en modo Roll Call sin correr el riesgo de un conflicto con las transacciones realizadas en los otros modos.

25 A partir de las informaciones transmitidas por los módulos 52 y 57 y de la información 54 relativa a la posición de la antena, el módulo 59 elabora principalmente los mensajes 511 que describen las transacciones que hay que realizar y los envía de acuerdo con una secuenciación adecuada al subconjunto encargado de aplicar estas transacciones (p. ej. generar las interrogaciones correspondientes). Para ello, determina en primer lugar, en función del tipo y de la cantidad de transacciones que hay que tratar y teniendo en cuenta los intervalos de tiempo prohibidos, los instantes de las interrogaciones y la posición temporal así como la duración de las ventanas de escucha que corresponden a cada transacción. Esta determinación conduce a una secuenciación asíncrona de la de las tareas de interrogación-respuesta realizadas en los otros modos de comunicación, IFF, SSR o All Call. A continuación elabora las
30 informaciones relativas a las transacciones que hay que operar, emisión de una interrogación en un instante dado y escucha de la respuesta durante un intervalo de tiempo determinado. El instante de comienzo del intervalo de tiempo de escucha se define por la distancia prevista de la aeronave considerada y por la incertidumbre en la posición de esta. Su duración depende, por otra parte, de la respuesta esperada de la aeronave y de la incertidumbre en la posición de esta. Estas informaciones se transmiten, de acuerdo con la secuenciación
35 establecida, respectivamente al subconjunto encargado de generar las interrogaciones y al subconjunto encargado del tratamiento de las señales recibidas.

40 Tal como se ha mencionado con anterioridad, los instantes de las interrogaciones y la posición temporal así como la duración de las ventanas de escucha que corresponden a cada transacción se pueden determinar de manera dinámica de diferentes formas. De este modo, se pueden posicionar las transacciones de manera progresiva, poco a poco. Esta forma de proceder es la que hay que favorecer si se busca realizar una ubicación rápida de las transacciones en modo Roll Call en la secuenciación general de los intercambios. Como alternativa, se pueden considerar las transacciones de manera global y de este modo compactar mejor las transacciones Roll Call garantizando al mismo tiempo que las transacciones Roll Call no se solapen entre ellas respetando al mismo tiempo los intervalos de tiempo prohibidos. Esta forma de proceder es más eficaz para ocupar el tiempo de radar disponible
45 en las aeronaves lo que corresponde mejor a unas densidades importantes de aeronaves y transacciones que hay que hacer en un acimut dado.

50 La secuenciación de las transacciones en modo Roll Call de acuerdo con la invención, es mayormente asíncrona de los periodos realizados en modo IFF, SSR o All Call. Es esta organización original, que utiliza todos los intervalos de tiempo disponibles, la que permite limitar la aparición del fenómeno de saturación de las transacciones en modo Roll Call, fenómeno que se puede observar en los procedimientos de la técnica anterior cuando se impone que las transacciones selectivas en modo RC se sitúen exclusivamente en unos periodos RC asignados. Sin embargo, como también se ha mencionado con anterioridad, puede suceder que la libertad dada por la aplicación de esta secuenciación asíncrona no sea suficiente para evitar la saturación. Es la razón por la cual, el procedimiento de acuerdo con la invención prevé la posibilidad ventajosa de intercalar de manera dinámica unos periodos síncronos
55 de comunicación asignados en modo Roll Call. Esta posibilidad es especialmente ventajosa cuando, como en el ejemplo de la figura 6, en un sector dado del espacio vigilado el número de aeronaves que comunican con el radar en modo Roll Call es muy importante. En efecto, el procedimiento de secuenciación de acuerdo con la invención permite por tanto modificar dinámicamente la secuenciación de los periodos de interrogación en modo general, IFF, SSR o All Call, de tal modo que incluya localmente, para un acimut dado, un periodo 63 asignado a los intercambios
60 en modo Roll Call, durante el cual se realizan unas tareas de comunicación selectiva, transacciones, en modo Roll

Call, bien en lugar de uno de los periodos 61 normalmente esperado (caso representado en la figura 6), o bien como alternativa insertando este periodo 63 Roll Call entre dos periodos 61. De esta forma se realiza durante estos periodos 63 Roll Call introducidas temporalmente las tareas de interrogación selectiva en modo Roll Call para los cuales no habría sido posible la asignación de un intervalo de tiempo mediante la secuenciación 42 asíncrona.

- 5 Hay que señalar que la elección de sustituir un periodo 63 en un periodo 61 normalmente esperado o de insertar un periodo 63 entre dos periodos 61 se realiza teniendo en cuenta diferentes factores. Un primer factor lo constituye en particular el margen potencial en número de disparos destinados al blanco en los modos SSR, IFF y AC que permite obtener la aplicación de la invención, puesto que la supresión de todos los periodos RC impuestos de forma rígida en una secuenciación clásica, permite bien disponer, en cada modo, de más disparos destinados al blanco, o bien insertar unos modos adicionales en la secuenciación. Otro factor lo constituye la misión del radar, de manera más particular la prioridad principalmente dada a la calidad de los datos recogidos en cada modo o al mayor número de modos actualizados en cada vuelta.

- 10 Esta modificación de la disposición de las tareas IFF, SSR o All Call, cuyos periodos están estrictamente asignados a un modo IFF, SSR o All Call, puede en este caso realizarse a petición del módulo 57 que transmite en este caso una información de sobrecarga prevista en modo Roll Call 512 en el módulo 52 y al subconjunto de radar encargado de la gestión espacio-temporal de tal modo que este último ordene una modificación de la secuenciación de los periodos síncronos IFF, SSR y All Call.

- 15 Esta información que indica a este último que el módulo 59 ya no estará en condiciones de determinar una secuenciación, que permita ejecutar todas las transacciones, selectiva en modo Roll Call que deben realizarse la determina por adelantado el módulo 57 en función del número previsto de transacciones selectivas en modo Roll Call que hay que ubicar y del número previsto de aeronaves que responden en los periodos SSR, IFF y All Call (intervalos temporales prohibidos). Estas dos informaciones determinan un tiempo total dedicado a las interrogaciones y a las recepciones que, comparado con el tiempo de iluminación de los blancos a su vez en función de la antena del radar y de su velocidad de rotación, permite determinar si es posible o no la ubicación de todas las interrogaciones selectivas en modo S en el tiempo que queda disponible. Esta determinación tiene en cuenta la eficacia del algoritmo utilizado por el módulo 59 para realizar la ubicación de las interrogaciones y respuestas relativas a las transacciones en modo Roll Call en la secuenciación general.

- 20 El subconjunto de radar encargado de la gestión espacio-temporal trata la información de sobrecarga, de manera variable en función de las misiones prioritarias garantizadas por el radar en el acimut considerado. De este modo, según si se favorece la vigilancia de los blancos que comunican en modo S o la vigilancia de las aeronaves en modos SSR e IFF, las informaciones 56 se modificarán o no para ordenar al módulo 52 que introduzca unos periodos asignados a las comunicaciones selectivas en modo Roll Call entre los periodos de comunicación en modo IFF, SSR o All Call.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de gestión en tiempo real y de secuenciación de los intercambios de informaciones entre un radar secundario que funciona en modo S y una pluralidad de aeronaves, realizándose los intercambios entre el radar y una aeronave, según la aeronave considerada, bien en un modo de interrogación no selectiva, SSR, IFF o "All Call", o bien en un modo de interrogación selectiva "Roll Call",
- 10 **caracterizado porque**, realizándose los intercambios de informaciones según los modos de interrogación no selectiva durante unos periodos (41) sucesivos asignándose cada periodo específicamente a uno o varios modos no selectivos, se realizan los intercambios en modo de interrogación selectiva en forma de transacciones (21, 22), constituyendo cada transacción un intercambio de informaciones entre el radar y una aeronave dada e intercalándose temporalmente en los intervalos (43) de tiempo no utilizados para unas tareas de interrogación-respuesta en modo no selectivo en los periodos (41) asignados a los modos no selectivos.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** consta al menos:
- de un primer módulo (52) encargado de la gestión temporal y de la disposición de los intercambios a realizar durante los periodos asignados a unos intercambios en modo no selectivo;
 - de un segundo módulo (57) encargado de la gestión temporal de las transacciones a realizar en modo selectivo;
 - de un tercer módulo (59) encargado de la disposición en el tiempo de las transacciones a realizar en modo selectivo y de la inserción de las interrogaciones y de las respuestas que constituyen estas transacciones en los periodos asignados a los intercambios en modo no selectivo,
- 20 proporcionando el segundo módulo (57) al tercer módulo (59) las informaciones relativas a las transacciones a realizar teniendo en cuenta la posición de la antena de radar y proporcionando el primer módulo (52) al tercer módulo (59), para cada periodo asignado a unos intercambios en modo no selectivo, informaciones relativas a la posición y a la duración de los intervalos (12, 13, 15 o 16) de tiempo durante los cuales no es posible otro intercambio.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el segundo módulo (57) controla además temporalmente las tareas (17) asociadas a realizar y porque el tercer módulo (59) inserta estas tareas en la secuenciación general.
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** las tareas (17) asociadas se ejecutan durante los intervalos (43) de tiempo de los periodos (41) asignados a los intercambios en modo no selectivo, durante los cuales no se puede ejecutar ninguna operación de interrogación (21) o de escucha (22) de respuesta que forme una transacción en modo selectivo.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** las tareas (17) asociadas son tareas de prueba del buen funcionamiento del radar.
- 35 6. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado porque** el segundo módulo (57) elabora un indicador (512) de sobrecarga previsible de las transacciones en modo selectivo, y transmite este indicador al primer módulo (52) y al sistema de gestión espacio-temporal del radar, siendo activado el indicador si, teniendo en cuenta el número de transacciones (21, 22) en modo selectivo a realizar y los intervalos (12, 13, 15 o 16) de tiempo durante los cuales no es posible ninguna transacción, no se pueden realizar todas las transacciones (21, 22) en modo selectivo requeridas.
- 40 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque**, cuando se activa el indicador de sobrecarga previsible, el primer módulo (52) modifica el encadenamiento de los periodos (61, 62) de intercambio de información en modo no selectivo para insertar unos periodos (63) de intercambio de información en modo selectivo en este encadenamiento, realizándose entonces los intercambios de información en modo selectivo a la vez en forma de transacciones (42) realizadas de manera asíncrona y en forma de transacciones ejecutadas durante los periodos (63) asignados a los intercambios en modo selectivo que han sido insertados.
- 45

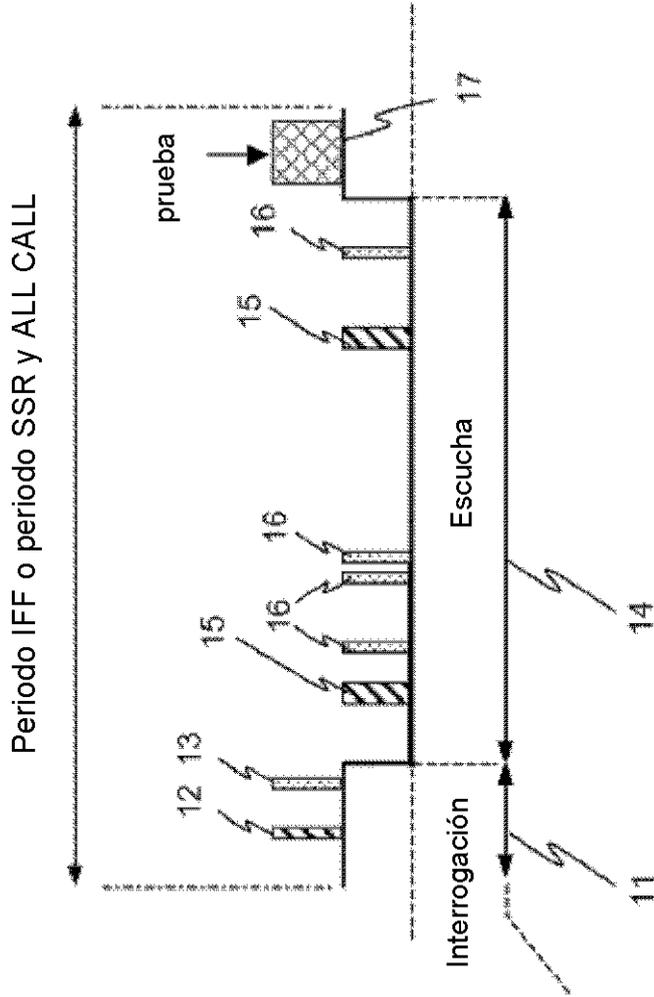


Fig. 1

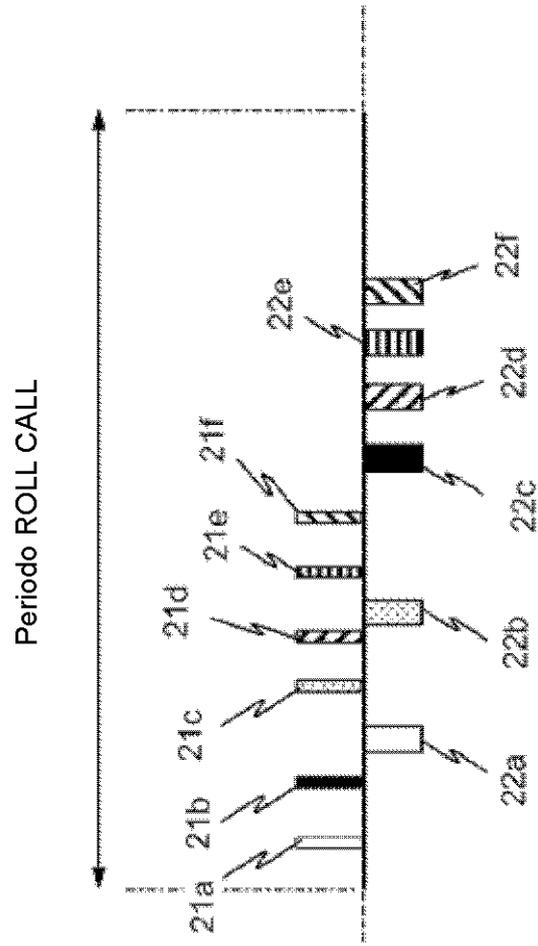


Fig. 2

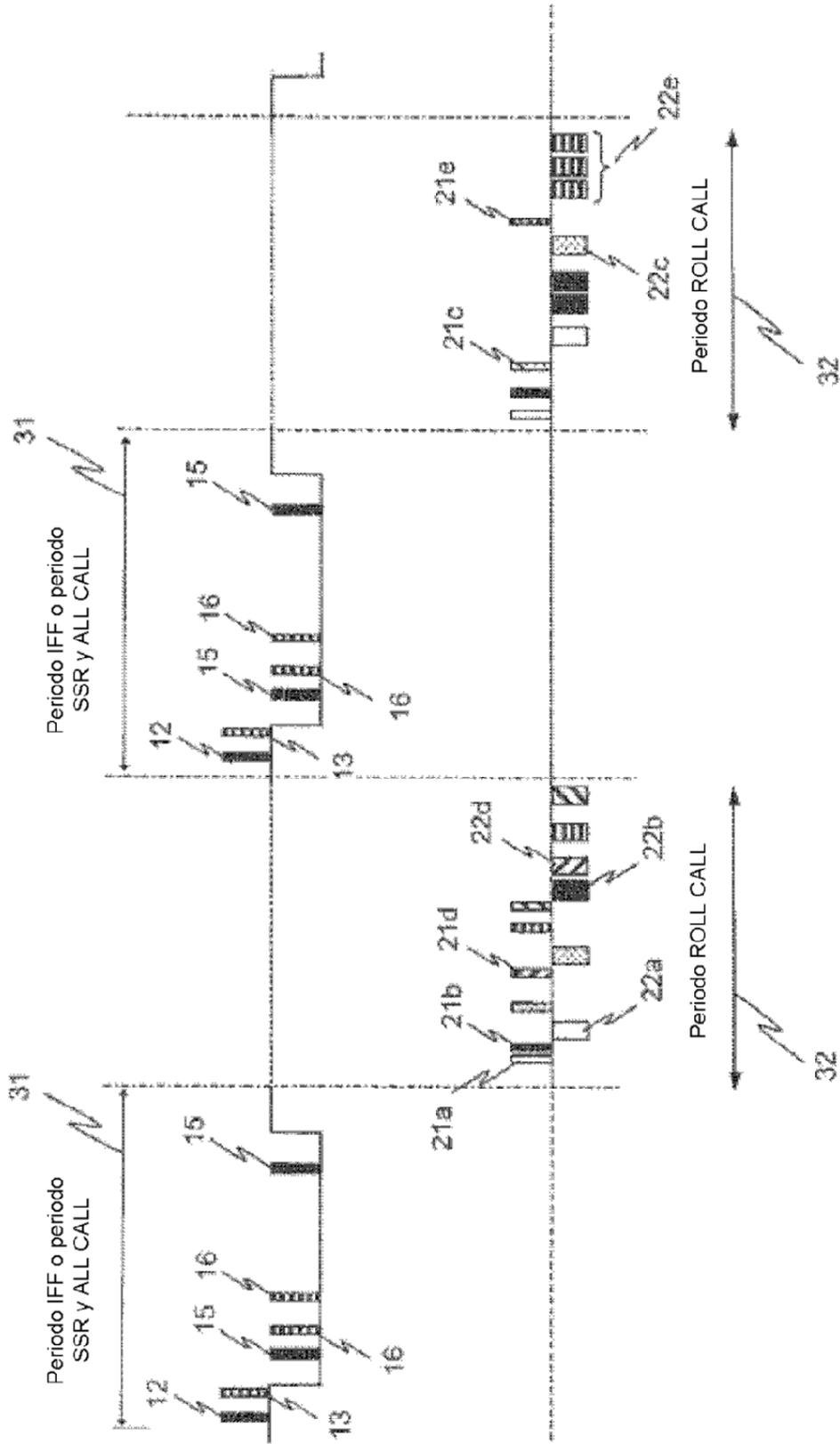


Fig. 3

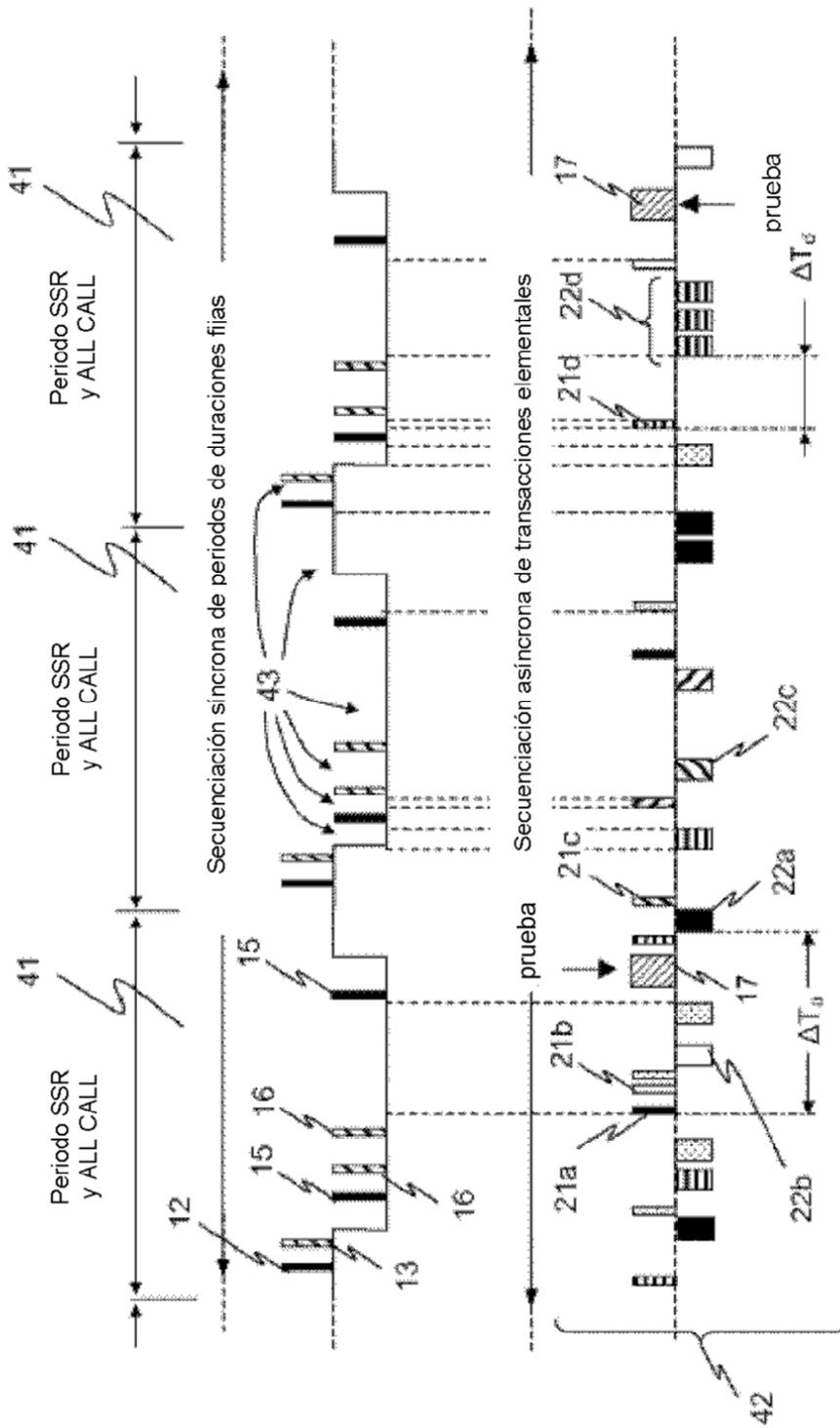


Fig. 4

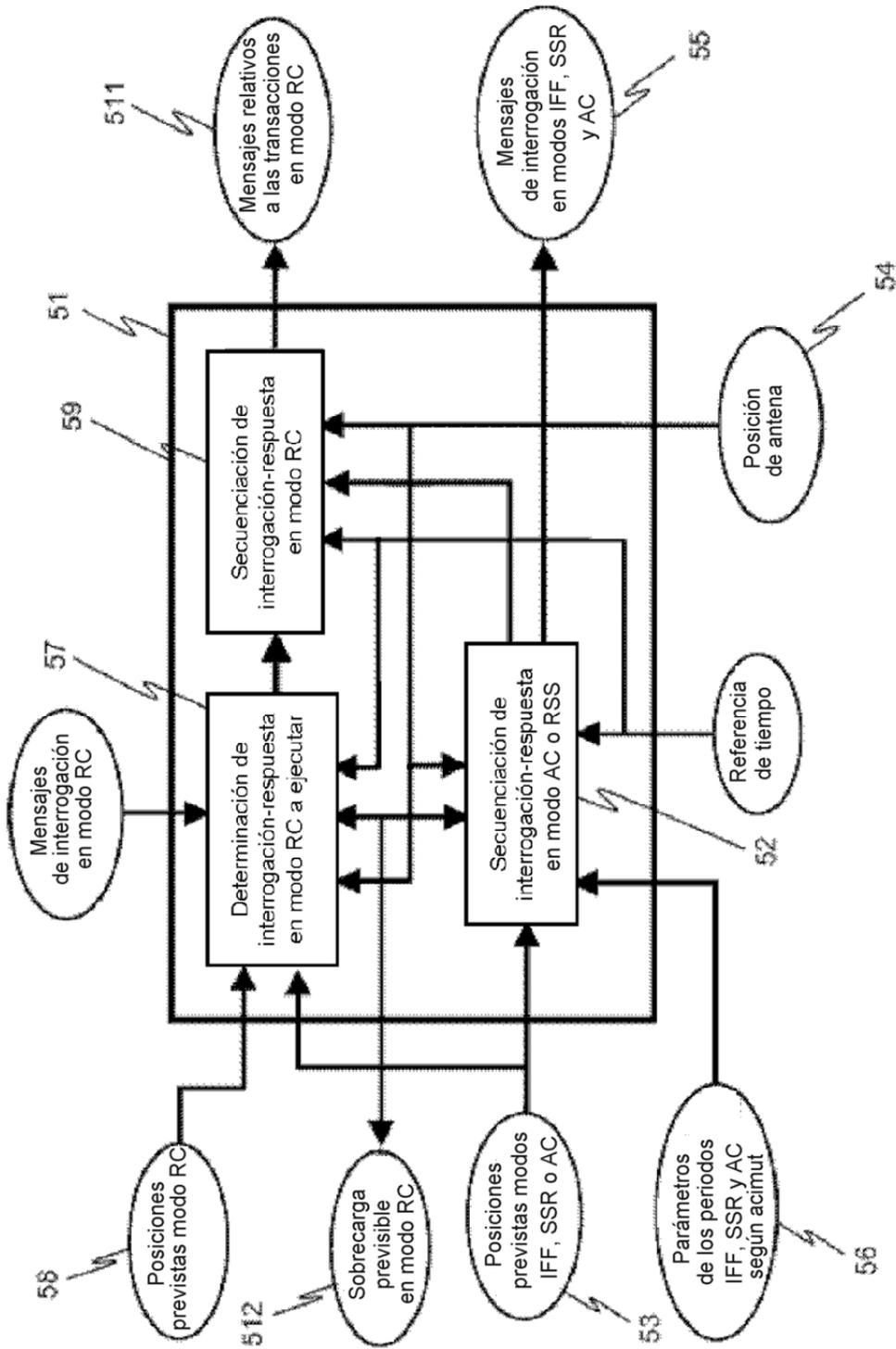


Fig. 5

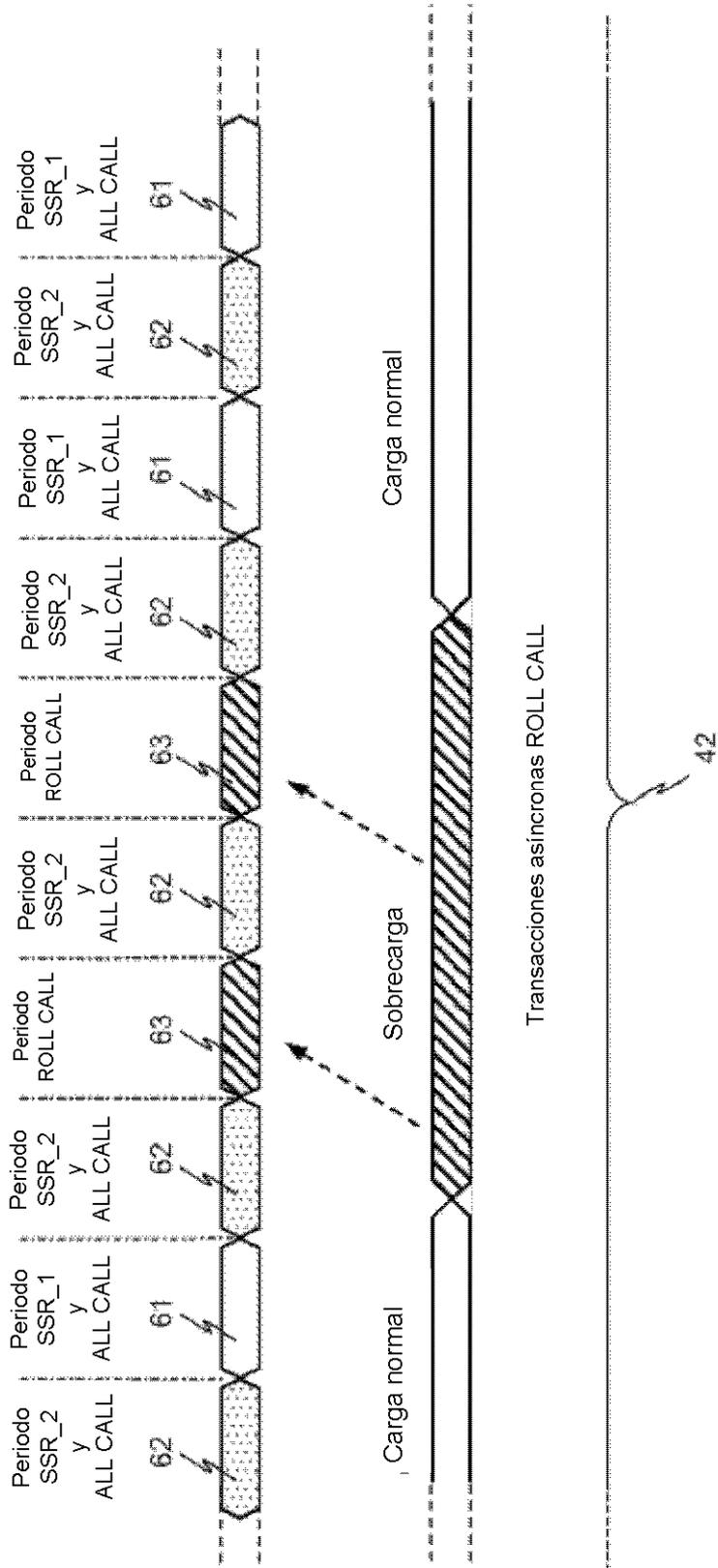


Fig. 6