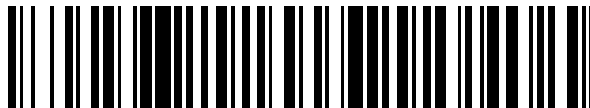


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 376**

51 Int. Cl.:

G01S 13/44 (2006.01)

G01S 13/78 (2006.01)

G01S 7/03 (2006.01)

G01S 7/282 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2011 E 11182190 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2014 EP 2431762**

54 Título: **Procedimiento de prolongación del tiempo de iluminación de blancos por un radar secundario**

30 Prioridad:

21.09.2010 FR 1003751

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

19.03.2014

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 2 449 376 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 de prolongación del tiempo de iluminación de blancos por un radar secundario

La invención se refiere al campo general de los radares secundarios. También se refiere de manera más particular al proceso de interrogación de aeronaves por un radar secundario de tipo monopolso, en particular para unas interrogaciones en modo S o en modo IFF.

Las antenas que equipan los radares secundarios (SSR) actuales son, por lo general unas antenas de gran tamaño (entre 4 y 9 m de ancho) que presentan tradicionalmente tres canales de emisión/recepción: un canal denominado "canal Suma" o "canal Σ ", un canal denominado "canal Diferencia" o "canal Dif" o también "canal Δ ", y un canal complementario denominado "canal de control" o "canal Cont" o también "canal Ω ". Por su diseño estas antenas presentan una similitud de características casi perfecta entre sus características en la emisión (a 1.030 MHz) y en la recepción (a 1.090 MHz). Estas antenas permiten de manera ventajosa realizar unas emisiones en uno u otro de estos canales.

De manera habitual, el canal Σ es el único canal que utiliza el radar para implementar los intercambios entre los transpondedores a bordo de las aeronaves y él mismo, en particular los intercambios en modos S o en modo IFF. El canal Δ , por su parte, se utiliza simplemente en la recepción para implementar la función de medición de la desviación que permite determinar de forma precisa el acimut del transpondedor considerado. El canal Ω , por su parte, permite identificar las señales recibidas por los lóbulos secundarios del canal Σ y en consecuencia no tener en cuenta estas señales (función de supresión de los lóbulos secundarios o "SLS").

La patente FR 2918804 describe un radar secundario que comprende un canal de recepción que corresponde al diagrama suma de la antena y un canal de recepción que corresponde al diagrama diferencia de la antena.

La patente EP 0577520 que corresponde a la patente US 5302953 describe una antena de radar secundario que funciona en modo S. La antena comprende en la recepción un canal suma Σ y un canal diferencia Δ , así como un canal auxiliar en la recepción que permite aumentar el tiempo de iluminación y completar el barrido que realiza el canal suma Σ .

Los documentos US 5218365 y EP 0053512 describe unos radares secundarios que utilizan el canal diferencia Δ en la emisión para emitir un impulso único de referencia por el canal diferencia Δ en lugar del canal Ω con el fin de implementar la función de supresión de los lóbulos secundarios (SLS) en la antena diferencia en lugar de la antena omnidireccional Ω . Los documentos US 5218365 y EP 0053512 no sugieren que se emitan mensajes de interrogaciones en el canal diferencia.

Por otra parte, con respecto al funcionamiento en modos S o en modo IFF de estos radares, los estándares definidos por la Organización Internacional de la Aviación Civil ("OACI"), en particular en el anexo 10, volumen 4, así como los que corresponden a la norma STANAG 4193 (1ª parte) de la OTAN, definen las señales que hay que irradiar para obtener la respuesta del transpondedor de una aeronave en el lóbulo principal del interrogador. Se recuerda en este punto que el modo S corresponde a un modo de interrogación dedicado que concierne a las aeronaves civiles mientras que el modo IFF es un modo de interrogación dedicado que concierne a las aeronaves militares.

En modo S, el radar secundario funciona en modo seguimiento, esto es que la posición de una aeronave dada (en acimut y distancia), para una vuelta de antena dada, se determinada, predice, por extrapolación de su posición anterior determinada durante la detección de esta aeronave en la vuelta anterior. En modo IFF, la posición de una aeronave dada (en acimut y distancia), para una vuelta de antena dada, se puede proporcionar bien como en el modo S, pero también a partir de otro sensor como el radar primario o un sensor oprónico por ejemplo.

Habitualmente, los tres canales de antena se utilizan de la siguiente manera:

a) en lo que se refiere a las emisiones (a 1.030 MHz):

- el canal Σ se dedica a la interrogación a través del lóbulo principal de la antena, en modo S o en modo IFF, de cualquier transpondedor (p. ej. de cualquier aeronave) localizado en la zona cubierta por el lóbulo principal;
- el canal "Cont", o Ω , se emplea para bloquear las respuestas de los transpondedores localizados en una zona fuera del lóbulo principal y, sin embargo, susceptibles de recibir las interrogaciones emitidas en el canal Σ por los lóbulos secundarios de este canal. Para ello, el canal "Cont" emite una señal de interrogación (función de interrogación en el canal SLS o "ISLS").

b) en lo que se refiere a las recepciones (a 1.090 MHz):

- el canal Σ se dedica a la detección y a la decodificación a través del lóbulo principal de la antena, en modo S o en modo IFF, de las respuestas de cualquier transpondedor (p. ej. de cualquier aeronave) localizado en la zona cubierta por el lóbulo principal;

- el canal Ω se emplea para rechazar las respuestas de los transpondedores localizados en una zona fuera del lóbulo principal y cuyas respuestas se reciben en el canal Σ , por los lóbulos secundarios de este canal (función de supresión de las respuestas por el canal SLS o "RSLs");
- el canal Δ se utiliza, para el procesamiento Monopulso, con el fin de determinar de forma precisa en el lóbulo principal el transpondedor que genera la respuesta así como para implementar la función "RSLs".

Hay que señalar que en aplicación de los estándares OACI y STANAG, la función ISLS la implementan normalmente los aviones teniendo en cuenta las señales de radar recibidas. Esta tiene como efecto que los transpondedores responden necesariamente si, para el acimut considerado:

$$G_{\text{Suma}} \cdot P_{\text{Interrogación}} - G_{\text{Cont}} \cdot P_{\text{ISLS}} \geq 9 \text{ dB}$$

en la que G es la ganancia de la antena en el acimut de la aeronave y P la potencia de las interrogaciones emitidas en Suma (Σ) y Control (Ω). Los transpondedores no responden si:

$$G_{\text{Suma}} \cdot P_{\text{Interrogación}} - G_{\text{Cont}} \cdot P_{\text{ISLS}} < 0 \text{ dB}$$

Entre los dos umbrales (0 dB y 9 dB) y según los estándares aplicados, el transpondedor puede responder o puede no responder. Si se tienen en cuenta las desviaciones situadas entre 0 dB y 9 dB entonces se habla habitualmente de "zona gris".

También hay que señalar que, de manera similar, el radar implementa la función RSLs, teniendo en cuenta las señales recibidas del transpondedor considerado.

Esta tiene como efecto que las respuestas recibidas para el acimut considerado se consideran recibidas por los lóbulos secundarios del canal Suma y por consiguiente se eliminan, si:

$$G_{\text{Suma}} - G_{\text{Cont}} \leq \text{Umbral_RSLs}_{\text{Cont}}$$

También tiene como efecto que las respuestas recibidas para el acimut considerado se considera que provienen de unos transpondedores localizados fuera del arco de recepción lo que permite el procesamiento monopulso y, por consiguiente, se eliminan si:

$$G_{\text{Suma}} - G_{\text{Cont}} \leq \text{Umbral_RSLs}_{\text{Dif}}$$

En consecuencia, el arco de interrogación efectivo del radar (1.030 MHz), que corresponde a la zona del espacio en la cual el transpondedor es capaz de responder, se limita lo tanto:

- para los aviones cercanos, mediante la aplicación de la función ISLS (descrita con anterioridad);
- para los aviones lejanos, mediante el rebase por las señales de interrogaciones que provienen del radar del umbral de sensibilidad del receptor del transpondedor, rebase definido para el acimut considerado, por:

$$G_{\text{Suma}} \cdot P_{\text{Interrogación}} - \text{Pérdidas} \geq \text{Umbral_Sensibilidad_Transpondedor},$$

estando causadas las Pérdidas mencionadas principalmente por las pérdidas consecutivas a la propagación de las señales entre el radar y la aeronave.

Hay que señalar que la fórmula enunciada más arriba es una fórmula simplificada destinada a mostrar el papel de la Ganancia de la antena del radar.

Del mismo modo, el arco efectivo de recepción (1.090 MHz) del radar, que corresponde a la zona en la cual el radar va a procesar las respuestas del transpondedor, se limita por su parte:

- para los aviones cercanos, mediante la implementación de la función RSLs (descrita con anterioridad);
- para los aviones lejanos, mediante el rebase por las señales que corresponden a las respuestas del transpondedor del umbral de sensibilidad del receptor del radar, rebase definido para el acimut considerado por:

$$G_{\text{Suma}} \cdot P_{\text{respuestas}} - \text{Pérdidas} \geq \text{Umbral_Sensibilidad_radar}.$$

Para los aviones lejanos, las consideraciones anteriores en la práctica conducen a menudo, en el contexto de una configuración radar de largo alcance, a que las señales intercambiadas solo las utilicen tanto el transpondedor como el radar cuando la ganancia G de la antena para el acimut del blanco con respecto a la ganancia máxima de la antena es tal que:

$$G_{\text{máx}} - G \leq 4 \text{ dB}$$

De este modo, en particular en un funcionamiento en modo S o en modo IFF, el modo de explotación de los diferentes canales del radar secundario descrito con anterioridad induce, en el marco de los intercambios de información entre el radar y los diferentes transpondedores, unas limitaciones en el uso de las señales en la emisión

y en la recepción. Estas tienen como consecuencia que, para un transpondedor dado, las funciones de interrogación y de respuesta solo encuentran temporalmente su lugar durante un intervalo de tiempo definido por una abertura angular correspondiente a una fracción del diagrama del canal Σ tradicionalmente llamado iluminación del blanco. Fuera de este intervalo las interrogaciones y las respuestas se invalidan o no se tienen en cuenta.

- 5 En la actualidad, estas limitaciones de funcionamiento resultan ser cada vez más incompatibles con las restricciones operativas que soportan los radares secundarios encargados del control del tráfico aéreo, así como para los radares militares encargados de la identificación IFF.

10 En efecto, para satisfacer la necesidad de aproximación de los aviones necesaria como consecuencia de la densidad creciente de aeronaves, se está obligado a hacer girar las antenas de los radares cada vez más deprisa con el fin de reducir el tiempo muerto entre dos apuntamientos del lóbulo de antena en un mismo acimut y por consiguiente entre dos detecciones sucesivas de una misma aeronave reduciendo de este modo la incertidumbre sobre la posición de una aeronave entre dos vueltas de antena. Tal incremento de la velocidad de rotación de antena tiene como efecto reducir aún más el intervalo de tiempo durante el cual un radar secundario puede intercambiar información con una aeronave dada, intervalo de tiempo también llamado tiempo de iluminación del blanco considerado.

15 Por otra parte, debido también a la densidad creciente de aeronaves, los radares secundarios civiles que funcionan en modo S deben gestionar de forma selectiva el trayecto de un número creciente de aeronaves y deben, además, en modo EHS en particular, permitir el intercambio de una cantidad creciente de datos con aquellas, datos denominados "commB Data Selector registers" (o "BDS registers") según la terminología anglosajona vigente. Los "BDS" se numeran en función de los registros del transpondedor, los cuales contienen los datos del vuelo. De este modo, se distingue, por ejemplo, el BDS40 (*aircraft intention*), el BDS50 (*track and turn report*) o también el BDS60 (*heading and speed report*).

Por su parte, los radares militares precisan, además:

- 25 – bien un número cada vez mayor de interrogaciones y de respuestas para cada aeronave interrogada, de tal modo que resista a los sistemas de interferencia y de intrusión cada vez más eficientes;
 – o bien un tiempo de iluminación sobre el blanco cada vez mayor, para captar las respuestas con un amplio tiempo de respuesta que requieren los nuevos modos de identificación IFF.

Estas limitaciones crecientes generan unas restricciones cada vez menos compatibles con el funcionamiento actual de los radares secundarios.

30 Un objeto de la invención es resolver los problemas expuestos con anterioridad proponiendo aumentar de manera sustancial, e incluso duplicar, el tiempo de iluminación de un blanco de un radar secundario con antena giratoria en cada dirección del espacio. Otro objeto de la invención consiste en realizar y garantizar este incremento sin que sea necesaria una modificación sustancial de la estructura del radar y, en particular, sin que sea necesaria ninguna modificación de la antena ni de los medios de formación de los canales.

35 Para ello, la invención tiene por objeto un radar secundario del tipo que comprende una antena presentando un diagrama de radiación que forma un canal Suma, un diagrama de radiación que forma un canal Diferencia y un diagrama que forma un canal Control, que también comprende unos medios para generar unos mensajes de interrogaciones "canal Suma" y unos mensajes de interrogaciones ISLS "canal Control" y unos medios para emitir estos mensajes respectivamente por los canales Suma y control de la antena, así como unos medios para garantizar la recepción y el procesamiento de las señales radioeléctricas que reciben los canales Suma, Control y Diferencia configurados para detectar las respuestas de aeronaves en las señales que recibe el canal Suma de la antena y realizar un procesamiento monopulso y un procesamiento SLS sobre estas respuestas utilizando las señales que reciben los canales Diferencia y Control de la antena.

45 Según la invención los medios para generar los mensajes de interrogaciones están configurados para generar también unos mensajes de interrogaciones "canal Diferencia" y los medios de emisión están configurados para poder emitir estos mensajes por el canal Diferencia de la antena. Los medios para generar los mensajes de interrogaciones comprenden unos medios para gestionar la transmisión de cada mensaje de interrogación hacia el canal de emisión correspondiente. Los medios para garantizar la recepción y el procesamiento de las señales radioeléctricas que reciben los canales Suma, Control y Diferencia están, además, configurados para detectar las respuestas de aeronaves en las señales que recibe el canal Diferencia de la antena. Los medios están, por otra parte, configurados y dispuestos de tal modo que, para un instante dado, las transacciones entre el radar y una aeronave dada se pueden efectuar bien por el canal Suma de la antena del lóbulo de antena, bien por el canal Diferencia, o bien incluso por los dos canales, según la posición del blanco en el lóbulo de antena en el instante considerado.

55 Según un primer modo de realización de la invención, al estar configurados los medios para generar los mensajes de interrogaciones para poder remitir simultáneamente a los medios de emisión dos mensajes idénticos o distintos, los medios de emisión comprenden dos canales de emisión distintos, dedicándose un canal de emisión a la emisión de uno de los mensajes por el canal Suma del lóbulo de antena y dedicándose el otro a la emisión del otro mensaje

en el canal Diferencia del mismo lóbulo de antena.

Según un segundo modo de realización de la invención, al estar configurados los medios para generar los mensajes de interrogaciones para poder remitir de forma alterna unos mensajes “canal Suma” y unos mensajes “canal Diferencia” a los medios de emisión, los medios de emisión comprenden unos medios únicos para transformar el mensaje enviado en una señal radioeléctrica y unos medios de conmutación para dirigir la señal producida a aquel de los canales de antena, canal Suma o canal Diferencia, que corresponde a la naturaleza del mensaje emitido.

Según un tercer modo de realización de la invención, al estar configurados los medios para generar los mensajes de interrogaciones para poder remitir de forma alterna o de forma simultánea unos mensajes idénticos “canal Suma” y unos mensajes “canal Diferencia” a los medios de emisión, los medios de emisión comprenden unos medios únicos para transformar el mensaje enviado en una señal radioeléctrica así como unos medios de conmutación configurados para dirigir la señal producida bien al canal Suma de la antena, bien al canal Diferencia o bien a los dos canales.

Las características y ventajas de la invención se apreciarán mejor por medio de la descripción que viene a continuación, descripción que se apoya en las figuras adjuntas, que muestran:

- la figura 1, un cuadro sinóptico simplificado de la estructura de un radar secundario actual;
- la figura 2, unas representaciones gráficas que ilustran los límites de los radares secundario actuales en términos de tiempo de iluminación de los blancos;
- la figura 3, un cuadro sinóptico simplificado de la estructura de un radar secundario según la invención;
- la figura 4, unas representaciones gráficas que ilustran el incremento del tiempo de iluminación de los blancos obtenido mediante la implementación de un radar secundario según la invención;
- la figura 5, un esquema funcional simplificado que presenta la estructura de los medios de emisión de un radar secundario según el estado de la técnica;
- las figuras 6 a 8, unos esquemas funcionales simplificados que presentan la estructura de los medios de emisión de un radar secundario según la invención conforme a tres variantes de implementación;
- la figura 9, un cuadro sinóptico que ilustra la manera cómo se realiza la secuenciación de las interrogaciones en modo S en un radar secundario que funciona según el estado de la técnica;
- la figura 10, un cuadro sinóptico que ilustra la manera cómo se puede realizar la secuenciación de las interrogaciones en modo S en un radar secundario que funciona según la invención;
- las figuras 11 y 12, unas ilustraciones que presentan un ejemplo de aplicación simple que muestra el carácter ventajoso de la invención en términos de incremento del número de transacciones que puede efectuar un radar secundario;
- las figuras 13 y 14, unos cuadros sinópticos que presentan la secuenciación de las interrogaciones que efectúa un radar secundario en la estructura actual, en el caso de una petición de identificación IFF de un blanco detectado por un radar primario;
- las figuras 15 y 16, unos cuadros sinópticos que presentan la secuenciación de las interrogaciones que efectúa un radar secundario según la invención lleva a cabo, en el caso de una petición de identificación IFF de un blanco detectado por un radar primario.

Hay que señalar que en las diferentes figuras un mismo elemento funcional se identifica con la misma referencia numérica.

Como se muestra en el cuadro sinóptico de la figura 1, la arquitectura de un radar secundario actual que funciona en modos S y/o IFF se puede descomponer en diferentes bloques funcionales, entre los cuales se diferencian:

- la Gestión Espacio Temporal 11 (GET), que gestiona en particular el envío de los mensajes de interrogaciones SSR en Modo S o en Modo IFF teniendo en cuenta las tareas del radar que hay que realizar relativas a los blancos cuya presencia en el haz de antena (lóbulo principal) se predice a partir de la toma en consideración de los sucesos pasados;
- el Emisor 12 (TX), que convierte los mensajes de interrogaciones en señales RF de alta potencia en una frecuencia F1 (1.030 MHz), y transmite estas señales para su radiación por la antena;
- el Receptor 13 (RX), que demodula las señales RF que recibe la antena en una frecuencia F2 próxima a F1 (1.090 MHz);
- el procesador de procesamiento de la señal 14 (PS) que procesa las señales provenientes del receptor y que detecta y decodifica las respuestas recibidas en el lóbulo principal de la antena;
- la cabeza AF 15 (RF) que garantiza la orientación de las señales entre el emisor, el receptor y la antena, en otras palabras que garantiza la transferencia de las señales de interrogación producidas por el emisor hacia la antena y garantiza la transferencia de las señales de las respuestas que recibe la antena hacia el receptor, realizándose esta orientación para los tres diagramas (Σ , Ω , Δ), o canales, de emisión y de recepción. Para ello, la cabeza AF 15 comprende, principalmente:
- unos circuladores 151 que permiten orientar las señales que produce el emisor hacia la antena y las que recibe la antena hacia el receptor; según los principios de realización escogidos por los diseñadores del radar existente, el circulador en el canal Diferencia puede no estar presente ya que no es necesario separar emisión de recepción: estando las señales únicamente en la recepción. No obstante, un circulador está por lo general

presente tanto en el canal Diferencia como en el canal Suma, lo que permite obtener una mejor simetría para la función monopolso.

- un desplazador de fase 152 que permite la puesta en fase de las señales recibidas en los canales de recepción Σ (canal Suma) y Δ (canal Diferencia) para el procesamiento monopolso. La función desplazamiento de fase se representa para este cuadro sinóptico en la cabeza AF pero también podría estar situada en la función recepción;
- la antena 16 que garantiza la radiación por los canales Σ y Ω de las señales producidas por el emisor, señales de frecuencia 1 (1.030 MHz) que llevan los mensajes de interrogaciones generados por el radar (mediante la Gestión Espacio Temporal) y la captación por los diferentes canales (Σ , Ω , Δ) de las señales de repuestas de frecuencia F2 (1.090 MHz) que transmiten los transpondedores localizados a bordo de las aeronaves.

Los radares secundarios actuales están, por lo general, configurados para utilizar de manera clásica los diagramas de antena.

Desde el punto de vista de la emisión, únicamente se utilizan los canales Suma (canal Σ) y Control (canal Ω). Para ello, el procesador de Gestión Espacio Temporal (GET) del radar (11) comprende unos medios 111, 112 para elaborar las interrogaciones en los dos canales y de este modo provocar las respuestas de las aeronaves iluminadas por el lóbulo principal de la antena.

Desde el punto de vista de la recepción, los canales Suma (canal Σ) y Control (canal Ω) se utilizan para la detección de las respuestas que transmiten las aeronaves iluminadas por el lóbulo principal del canal Suma de la antena, y el canal Diferencia (canal Δ) para el funcionamiento "monopolso" de afinado de la localización de estos blancos en acimut. Para ello, el procesador de procesamiento de la señal y de procesamiento de datos del radar (14) comprende, en particular, unos medios (141, 142) apropiados para realizar la detección de las respuestas que lleva la señal recibida en el canal Suma (canal Σ), así como unos medios (143) para llevar a cabo el procesamiento monopolso a partir de las señales recibidas en los canales Σ y Δ (canal Diferencia).

Hay que señalar que, de manera conocida, descrita en particular en la patente francesa 0311893, titulada "Procedimiento de pre-detección de respuestas en un radar secundario y aplicación a la detección de respuestas en modo S" y concedida el 03/02/2006, un radar secundario se puede configurar de tal modo que también utilice las señales que recibe el canal Diferencia (canal Δ) para mejorar la detección, en particular en caso de corrupción en el lóbulo principal (entrelazamiento de las respuestas en el lóbulo principal), realizando al detección de las respuestas que transmiten las aeronaves a partir de estas señales recibidas. En dicha configuración, que aquí no se ilustra, el procesador de procesamiento de la señal 14 que trata las señales que provienen del receptor detecta y decodifica las respuestas que recibe el lóbulo principal de la antena por el canal Σ así como por el canal Δ .

Con dicha arquitectura, los radares secundarios actuales se ven forzados, como se ha dicho con anterioridad, y teniendo en cuenta la existencia de lóbulos secundarios en el lóbulo principal de la antena (canal Suma) y del límite de sensibilidad de los transpondedores, a realizar el conjunto de las operaciones de interrogación solicitadas en un acimut dado durante el intervalo de tiempo en el que el lóbulo principal de haz de antena canal Suma barre el acimut en cuestión y únicamente durante este intervalo de tiempo que corresponde a la iluminación del blanco. Las representaciones 2_A y 2_B de la figura 2 ilustran esta limitación en la emisión (2_A) y en la recepción (2_B) a partir de las curvas representativas de los diagramas 21, 22 y 25 que corresponden respectivamente a los canales Σ , Δ y Ω , y del umbral mínimo de sensibilidad 24 de los transpondedores en la emisión y del radar en la recepción.

Como se ha dicho con anterioridad, el objetivo de la patente consiste en proteger una arquitectura que permite prolongar de forma muy sustancial, e incluso prácticamente duplicar, el tiempo de iluminación de un blanco para un radar secundario de una antena giratoria en un acimut dado, y esto, sin tener que modificar la antena.

Para conseguir estos resultados, el funcionamiento y la estructura clásica de un radar secundario se modifican de tal modo que:

- emita también unos mensajes de interrogaciones por el canal Diferencia (tradicionalmente utilizado únicamente en la recepción para la función monopolso en el centro del lóbulo principal de antena);
- realice también la detección de las respuestas transmitidas a partir de las señales recibidas por el canal Diferencia;
- gestione las vías de emisión del radar y, en particular, determine para cada mensaje de interrogación el canal de emisión (canal Suma y/o canal Diferencia) según la naturaleza de las interrogaciones y la posición prevista/detectada del blanco destinatario en el instante considerado, es decir el hecho de que este pueda estar iluminado por el lóbulo de antena que constituye el canal Suma y/o por los lóbulos de antenas que constituyen el canal Diferencia.

Según la invención, los principios de medición de los niveles relativos de las señales recibidas en los canales Σ y Ω , que gestionan la emisión de respuestas por parte de los transpondedores (ISLS), principios que se han descrito con anterioridad, se aplican de manera idéntica para gestionar la emisión de respuestas por parte de los transpondedores (ISLS) a partir de las señales emitidas en el canal Δ .

La figura 3 presenta el cuadro sinóptico estructural de la arquitectura de radar secundario según la invención. Como se puede observar, la arquitectura propuesta consiste en una arquitectura clásica, como la que se ha descrito con

anterioridad, a la cual se han incorporado nuevos elementos.

Así pues, según la invención, el emisor 32 comprende unos medios 321 para permitir la emisión por el canal Suma (canal Σ) y/o por el canal Diferencia (canal Δ), en la frecuencia F1 (1.030 MHz), unas señales RF que llevan unos mensajes de interrogaciones transmitidos por el radar.

- 5 Del mismo modo, el procesador (PS) de procesamiento de la señal y de procesamiento de datos comprende, además, de manera conocida, los medios 141 para garantizar el procesamiento de las señales recibidas en la frecuencia F2 (1.090 MHz) por el canal Σ , unos medios 341 para garantizar el procesamiento de las señales recibidas en la frecuencia F2 (1.090 MHz) por el canal Δ y detectar las respuestas transmitidas por unos transpondedores localizados a bordo de las aeronaves.
- 10 Del mismo modo, también, la Gestión Espacio Temporal 31 comprende en este caso unos medios 311 de gestión de las interrogaciones y de los canales. Estos medios permiten decidir, para el siguiente periodo de escucha, el canal (canal Σ y/o canal Δ) en el cual deberá transmitirse una interrogación dada en modo S o en modo IFF en el instante considerado de este periodo. Para ello, estos tienen en cuenta las detecciones efectuadas en el canal Σ , las efectuadas en el canal Δ , así como la medición angular relativa en cada detección y la información remitidas por los
- 15 medios 17 de gestión del barrido del haz de antena. Por consiguiente, según el modo de realización considerado, la gestión espacio temporal comprende unos medios para generar y remitir a los medios de emisión bien unos mensajes de interrogaciones destinados a emitirse por el canal Suma de la antena, o mensaje "canal Suma", o bien unos mensajes de interrogaciones destinados a emitirse por el canal Diferencia, o mensaje "canal Diferencia", o bien simultáneamente por los dos canales de antena.
- 20 Según la invención, las respuestas detectadas en el canal Diferencia (canal Δ) por el procesador PS las tienen en cuenta los medios de extracción 344 como complemento de las detectadas en el canal Suma (canal Σ) poniéndose en correlación esta información con la información que produce el procesamiento monopolso. De este modo, un retorno de radar, que corresponde a la respuesta que transmite una aeronave, se puede detectar en la señal procedente del canal Σ o en la señal procedente del canal Δ , o de forma simultánea en estas dos señales. Para ello,
- 25 el extractor convencional experimenta una ligera modificación que consiste en ampliar el tamaño de un retorno en acimut, en tener en cuenta las respuestas provenientes de la señal recibida por el canal Diferencia y en fusionar las respuestas duplicadas que provienen simultáneamente de las señales de los canales Suma y Diferencia (para el mismo periodo de iluminación en la misma vuelta de antena).

- Hay que señalar que en la nueva arquitectura según la invención, como se ilustra en la figura 3, se suprime obviamente la función RSLs-DIF. Por el contrario, la función RSLs-CONT se aplica también a las respuestas detectadas en el canal Diferencia. De este modo las respuestas de transpondedores recibidas por el canal de recepción Δ no se suprimen en la medida en que estas tienen un nivel superior al nivel de la señal correspondiente medida en el canal de recepción Cont. Por consiguiente los medios de detección de umbrales diferenciados 142 aplicados al único canal de detección Σ implementado en la estructura conocida ilustrada en la figura 1 (RSLs-Dif y
- 30 RSLs-Cont) se sustituyen por unos medios de detección de umbral 342 cuya acción se aplica en los dos canales de recepción Σ y Δ implementados en la estructura según la invención, como se ilustra en la figura 3.

- De este modo, al hacer posible el uso del canal Diferencia para emitir unos mensajes de interrogaciones y para detectar las respuestas transmitidas por los transpondedores, la arquitectura según la invención permite de manera ventajosa aumentar de forma muy sustancial, e incluso duplicar en algunos casos, el tiempo durante el cual un radar secundario con antena giratoria ilumina un acimut dado en cada vuelta de antena y sin tener que modificar la antena. Al incrementarse de este modo el tiempo de iluminación disponible, el radar secundario puede, para una dirección dada (p. ej. para un acimut dado), bien interrogar a un mayor número de aeronaves en cada vuelta de antena (modo S), bien efectuar un mayor número de transacciones de datos de tipo EHS (BDS) con las aeronaves en cada vuelta de antena (modo S), o bien disponer de más tiempo para interrogar a una misma aeronave (modo IFF). Las zonas rayadas 26 de las representaciones 4_A y 4_B de la figura 4 ilustran este aumento posible del tiempo de iluminación suavizando las restricciones en la emisión (4_A) y en la recepción (4_B). Las representaciones 4_A y 4_B de la figura 4 reenvían respectivamente a las representaciones 2_A y 2_B de la figura 2.
- 40
- 45

- A continuación, se describen en el texto, desde un punto de vista material, las modificaciones aportadas a los diferentes elementos de un radar secundario concernidas por la realización de un tiempo de iluminación más largo así como por el aprovechamiento de esta prolongación del tiempo de iluminación. Estas se refieren principalmente a las modificaciones de la estructura de los medios de emisión 12, de los medios de gestión espacio temporal 11 y de los medios de procesamiento de la señal y de procesamiento de datos 14.
- 50

- Desde un punto de vista de la función de emisión, la instalación de unos medios que permiten que el radar transmita unos mensajes de interrogaciones puede ser objeto de diferentes modos alternativos de realización que se pueden implementar en los medios de emisión 12 tal como están normalmente en un radar secundario, ilustrados de manera esquemática en la figura 5.
- 55

En una configuración clásica, el emisor 12 comprende, en particular, dos canales distintos de amplificación de potencia 121, 122 que permiten alimentar simultáneamente a los canales Suma (canal Σ) y Control (canal Ω) de la

antena 16 necesarios para realizar la emisión propiamente dicha de los mensajes de interrogaciones así como la emisión de la señal de interrogación (ISLS), permitiendo realizar la función ISLS del canal Suma (canal Σ). Por consiguiente, basándose en la estructura existente, se pueden llevar a cabo, para realizar la emisión de los mensajes de interrogaciones en el canal Diferencia (canal Δ) de la antena 16, diferentes modificaciones de la arquitectura, más o menos sofisticadas. Estas modificaciones de arquitectura corresponden a unas variantes de realización de la invención, de las cuales se representan tres ejemplos a continuación en el texto. Estos tres ejemplos no limitativos de la invención, corresponden a unas variantes posibles de realización alternativas.

De este modo, en una primera variante de realización, que se ilustra en la figura 6, se puede modificar la estructura existente añadiendo simplemente un canal autónomo de emisión 321, dedicado a los mensajes de interrogaciones destinados a emitirse por el canal Diferencia, a los dos canales de emisión 121 y 122 existentes.

Esta solución, que se presenta en la figura 3, es una implementación simple en la medida en que no afecta a la estructura existente, instalándose el canal adicional 321 de forma independiente de los dos canales convencionales 121 y 122. Además, en la medida en que los medios 31 para generar los mensajes de interrogaciones están configurados de tal modo que puedan remitir de forma simultánea dos mensajes de interrogación distintos o idénticos en dos canales diferentes a los medios de emisión, esta solución permite transmitir de forma simultánea unos mensajes de interrogaciones bien idénticos o bien diferentes en los canales Suma (canal Σ) y Diferencia (canal Δ), y haciéndolo a plena potencia en cada canal. Sin embargo, resulta una implementación cara, en la medida en que al no estar en común ningún elemento constituyente del canal de amplificación añadido con los canales existentes, esta precisa una modificación material importante. Por otra parte, en dicha implementación, como se ilustra en la figura 3, los medios que realizan la Gestión Espacio Temporal 31 del radar comprenden unos medios 311 para permitir la transferencia hacia los medios de emisión 32, por dos canales diferentes, de los mensajes de interrogaciones destinados al canal Suma (mensajes "canal Suma"), por una parte, y al canal Diferencia (mensajes "canal Diferencia"), por otra parte. Según la invención, estos mensajes pueden ser idénticos o diferentes.

Una segunda variante de realización, que se ilustra en la figura 7, resulta ser una implementación material menos cara. Se trata, en este caso, de transmitir los mensajes de interrogaciones de forma alterna en el canal Suma (canal Σ) o en el canal Diferencia (canal Δ). Para ello, se inserta un conmutador de potencia por microondas 71 a la salida de la cadena de amplificación 121 inicialmente dedicada, en la arquitectura conocida, al único canal Suma (canal Σ), estando por su parte controlado el conmutador 71 por una señal de control 72 que suministran los medios que realizan la Gestión Espacio Temporal 31 del radar.

Esta segunda variante presenta la ventaja de ser una implementación material económica ya que utiliza el máximo de las funciones de emisión existentes. En efecto, esta solo precisa añadir un conmutador por microondas 71 en los medios de emisión 12 del radar, y la producción de una señal de control 72 en los medios 311 del subconjunto que realiza la Gestión Espacio Temporal 31 del radar. La señal de control se determina en este caso en función del canal en el cual debe emitirse el mensaje de interrogación considerado.

Por el contrario, con respecto a la primera variante, resulta limitativa en términos de funcionamiento. En efecto, dicha variante no permite emitir de forma simultánea unos mensajes de interrogación idénticos o distintos, o incluso otras señales, en los canales Suma (canal Σ) y Diferencia (canal Δ), de tal modo que en un instante dado solo se puede emitir en uno de los canales de antena. Por otra parte, la inserción de un conmutador se traduce en una cierta pérdida de potencia en la emisión y una reducción de los rendimientos en términos de alcance del radar tras la implementación de la invención. No obstante, al ser relativamente moderada esta reducción de potencia, esta variante de realización económica se puede considerar de forma ventajosa en particular cuando la reducción del alcance máximo del radar se mantiene baja.

Una tercera variante de implementación, consiste en adoptar el esquema intermedio que se ilustra en la figura 8. Según esta variante de realización, la modificación que se aporta a la estructura conocida de los medios de emisión 12 es un dispositivo de conmutación como el que se ilustra en la figura 8. Este dispositivo comprende tres conmutadores S1, S2 y S3, así como un elemento divisor de potencia PS, un acoplador por microondas por ejemplo.

El conmutador S1, 81, es un conmutador de frecuencia por microondas con un canal de entrada y con dos posiciones exclusivas que dan acceso a dos canales de salida cada uno de los cuales está conectado a la entrada de uno de los otros dos conmutadores de potencia por microondas S2 y S3. S1 se controla mediante una señal de control CD1 que emite el subconjunto que realiza la Gestión Espacio Temporal 31 del radar.

El conmutador S2, 82, es un conmutador de potencia por microondas con un canal de entrada y con tres posiciones exclusivas que dan acceso a dos canales de salida, correspondiendo una posición al aislamiento eléctrico de la entrada, posición en la cual la señal presente en la entrada no está vinculada a ninguno de los canales de salida. S2 se controla mediante un juego de señales de control CD2 que emite el subconjunto que realiza la Gestión Espacio Temporal 31 del radar.

El conmutador S3, 83, es, por su parte, un conmutador doble de potencia por microondas que comprende dos conmutadores distintos entrelazados. Cada conmutador es un conmutador con un canal de entrada y con dos posiciones exclusivas que dan acceso a un canal de salida, correspondiendo una posición al aislamiento eléctrico de

la entrada, posición en la cual la señal presente en la entrada no está vinculada al canal de salida.

El conmutador S3 se controla mediante una señal de control CD3 que emite el subconjunto que realiza la Gestión Espacio Temporal 31 del radar.

5 Según la invención, como se ilustra en la figura 8, la entrada del conmutador S1 está conectada a la salida de la cadena de amplificación 121 inicialmente dedicada, en la arquitectura conocida, al único canal Suma. Una de las salidas del conmutador S1 está conectada a la entrada del conmutador S2, mientras que la otra salida está conectada a las entradas de un divisor por microondas PS, 84, del cual cada una de las dos entradas está conectada a una de las entradas del conmutador S3. Además, cada uno de los canales de salida del conmutador S2 está conectado a uno de los canales de salida del conmutador S3, de tal modo que constituyen las salidas “canal Suma (canal Σ)” y “canal Diferencia (canal Δ)” de los medios de amplificación 32.

10 Como la segunda variante descrita con anterioridad, esta tercera variante de realización presenta la ventaja de ser una implementación material relativamente económica. En efecto, esta solo precisa añadir unos conmutadores por microondas 81, 82, 83 en los medios de emisión 12 del radar, y la producción de unas señales de control CD1, CD2 y CD3 en los medios 311 del subconjunto que realiza la Gestión Espacio Temporal 31 del radar, emitiéndose estas señales en forma de un bus de control 86, por ejemplo.

15 Esta tercera variante de implementación es, además, menos limitativa que la segunda variante ya que, como se ilustra en la figura 8, permite adoptar variadas configuraciones de los diferentes conmutadores que permiten transmitir mensajes de interrogaciones en los canales Suma (canal Σ) y Diferencias (canal Δ), bien de forma alterna, bien de forma simultánea. Se aproxima, por tanto, desde un punto de vista funcional a la primera variante de implementación, presentado al mismo tiempo la ventaja de un menor coste de realización. Sin embargo, en el caso de una transmisión simultánea de mensajes de interrogaciones en los dos canales, hay que señalar que a diferencia de lo que pasa en la primera variante de realización, los mensajes de interrogaciones que se transmiten de forma simultánea son idénticos en los dos canales. Por otra parte, en caso de transmisión simultánea, también hay que señalar que a diferencia de lo que pasa con la primera variante de realización, la potencia de las señales que llevan los mensajes de información en cada uno de los canales ve limitada su potencia a la mitad de la potencia suministrada por el elemento de amplificación 121 en su configuración inicial.

20 Hay que señalar que en la primera y la tercera variantes de realización, un modo particular de realización integra en el canal Diferencia un elemento desplazador de fase 61 u 85, un desplazador de fase controlable, por ejemplo, cuya función es permitir, en caso de emisión de señales en los canales Suma (canal Σ) y Diferencia (canal Δ) de forma simultánea, una puesta en fase de las señales radiadas con el fin de garantizar su correcta recombinación en el espacio.

Desde el punto de vista de los medios de procesamiento de la señal y del procesamiento de datos (extracción - rastreo), las modificaciones aportadas a los equipos conocidos consisten en la instalación de una cadena 341 de procesamiento de las señales transmitidas por los transpondedores y recibidas por el canal Diferencia (canal Δ).

35 Según la invención, la cadena 341 de procesamiento de las señales recibidas por el canal Diferencia (canal Δ) implementa unas funciones similares a las que implementa la cadena 141 de procesamiento de las señales recibidas por el canal Suma. Estas funciones de procesamiento, ya conocidas, no se detallan aquí. Por consiguiente, en la recepción, el canal de Diferencia (canal Δ) se utiliza a la vez para implementar de forma clásica el procesamiento monopolso 143 y para implementar el procesamiento de detección de respuestas provenientes de aeronaves interrogadas por el radar, realizándose este procesamiento en paralelo al procesamiento existente 141 realizado sobre la señal recibida por el canal Suma (canal Σ).

40 Como se ha dicho con anterioridad, al utilizar el canal de recepción Diferencia (canal Δ) para la detección de las respuestas transmitidas por los transpondedores, se suprime la función RSLs-DIF que se realiza mediante la comparación del nivel de señal recibida por el canal Diferencia (canal Δ) y de la señal recibida por el canal Suma (canal Σ). Las respuestas procedentes del transpondedor de la aeronave a través de canal Diferencia (canal Δ) se detectan como las que se reciben a través del canal Suma (canal Σ). Por consiguiente, se obtiene una señal: RSLs-CONT complementaria mediante la comparación de los canales Diferencia (canal Δ) y Control (canal Ω) para inhibir las respuestas recibidas en los lóbulos secundarios del canal Diferencia (canal Δ).

45 Desde el punto de vista de las modificaciones aportadas al subconjunto que realiza la Gestión Espacio Temporal del radar, hay que señalar que, tradicionalmente, la función de Gestión Espacio Temporal 11 se descompone, en la práctica, en dos partes.

50 En primer lugar, se diferencian los medios 17 encargados de la gestión del barrido de antena, o “Scan Processing” según la denominación anglosajona. Estos medios tienen como función, de manera conocida, predecir, para la siguiente vuelta de antena, las características de los blancos, de los transpondedores, que hay que interrogar cuando el haz de antena barre la dirección considerada. Estas predicciones se elaboran a partir de la información adquirida en las vueltas anteriores. Estas predicciones agrupan, para cada transpondedor identificado, la información prevista de posición y las tareas que tiene que desempeñar el radar (ELS, EHS, IFF,...) con respecto al transpondedor considerado.

- Se distinguen a continuación los medios que garantizan la función de Gestión Espacio Temporal 11 (GET) o "Space Time Management (STM)" según la denominación anglosajona. Estos medios garantizan la gestión, la secuenciación, en el lóbulo de antena de las operaciones de interrogación que hay que realizar y de las operaciones de escucha asociadas a cada interrogación. Estas operaciones se predicen mediante los medios 17 de gestión del barrido de antena ("Scan Processing") y se afinan en tiempo real (durante el paso del lóbulo de antena en la dirección acimutal para cada blanco) mediante la gestión espaciotemporal 11 ("STM") en función de los resultados obtenidos (p. ej. las detecciones realizadas) durante el anterior periodo de escucha realizado en el mismo lóbulo de antena (re-interrogación del mismo transpondedor si falla la primera interrogación por ejemplo).
- Según la invención, la función de gestión espaciotemporal 31 ("STM") comprende, además de los medios 111 y 112 para generar los mensajes de información que hay que transmitir, unos medios 311 para realizar la gestión de los canales de emisión que hay que utilizar y, en particular, para determinar para cada blanco si hay que realizar algunas transacciones en el canal Diferencia (canal Δ).
- Para ello, estos medios 311 determinan en particular si para cada aeronave prevista son necesarias algunas transacciones (emisiones de interrogaciones y recepción de respuestas) en el canal Diferencia (canal Δ).
- Este es el caso, en particular, en funcionamiento IFF en el cual las transacciones (emisiones de interrogaciones y recepción de respuestas) en el canal Diferencia (canal Δ) se emprenden de forma sistemática de tal modo que se incrementa la duración de iluminación de cada transpondedor y por consiguiente se mejoran los rendimientos de identificación del radar en presencia de perturbadores.
- Es también el caso en modo S, en el cual la realización de transacciones en el canal Diferencia (canal Δ) depende del porcentaje máximo del tiempo de iluminación por el lóbulo de antena que corresponde al canal Suma (canal Σ) asignado al modo S y del número de transacciones selectivas que hay que realizar, tanto las transacciones que se refieren a las interrogaciones selectivas elementales o interrogaciones selectivas "ELS" (por "ELementary Surveillance" según la denominación anglosajona) como las transacciones que se refieren a las interrogaciones selectivas enriquecidas o interrogaciones selectivas "EHS" (por "EnHanced Surveillance" según la denominación anglosajona). De este modo, si no se pueden efectuar todas las transacciones durante el tiempo de iluminación por el lóbulo de antena que corresponde al canal Suma (canal Σ), teniendo en cuentas los márgenes de incertidumbre, se realizan las transacciones "EHS" relativas a las aeronaves situadas en la zona próxima en el canal Diferencia (canal Δ) mientras las aeronaves candidatas a las transacciones en modo "ELS" restantes no están iluminadas por el lóbulo de antena que corresponde al canal Suma (canal Σ).
- Para ello también estos medios 311 determinan en particular si para cada interrogación selectiva Modo S, hay que realizar unas transacciones en el canal Diferencia o no.
- Este es así, en particular, en caso de interrogación "EHS" de una aeronave efectuada con éxito mientras la aeronave está iluminada por el borde de ataque (derecho) del lóbulo que corresponde al canal Diferencia derecho (canal Δ): las interrogaciones EHS se detienen entonces para esta aeronave y solo continúan las transacciones "ELS" y únicamente en el canal Suma (canal Σ).
- Es también así en caso de fallo de transacciones "ELS" por el canal Suma (canal Σ): se continúa entonces las transacciones "ELS" por el canal Diferencia izquierdo (canal Δ) de tal modo que se evite una ausencia de detección (un retorno menos preciso es siempre preferible a una ausencia de retorno).
- Para cumplir con su función, los medios 311 asocian la información suministrada por los medios 17 de gestión del barrido de antena ("Scan Processing") con la información de detecciones elaborada por el procesamiento del canal Suma 141 y el procesamiento del canal Diferencia 341. Por otra parte, estos utilizan la información suministrada por el procesamiento monopulso 143 para determinar, para cada detección realizada en la recepción en el canal Diferencia, si esta última corresponde a una aeronave iluminada por el lóbulo derecho (lóbulo anterior en el lóbulo del canal Suma que corresponde a la entrada de una aeronave en la iluminación del radar) o por el lóbulo izquierdo del canal de emisión Diferencia (lóbulo posterior en el lóbulo del canal Suma que corresponde a la salida de una aeronave de la iluminación del radar).
- Desde un punto de vista funcional, los medios 311 solicitan a los medios 112 de Gestión que elaboren los mensajes de interrogaciones de la información relativa al canal de emisión por el cual se supone que el radar ha emitido el mensaje considerado.
- En lo que se refiere a la primera variante de realización de los medios de emisión 32 según la invención, variante descrita con anterioridad, los medios 311 suministran directamente a los medios de emisión asociados a cada diagrama (emisor canal Suma y emisor canal Diferencia) los mensajes que hay que emitir hacia el canal o de forma simultánea hacia los canales deseados de la antena.
- Por otra parte, en lo que se refiere a la segunda y la tercera variantes de realización de los medios de emisión 32, según la invención, variantes descritas con anterioridad, los medios 311 suministran a los medios de emisión las diferentes señales de control necesarias para conducir las señales de emisión hacia el canal o los canales deseados. De este modo estas señales de control permiten orientar la señal de potencia de forma alterna a uno u

otro de los canales de emisión o incluso a los dos canales de forma simultánea.

Las siguientes tablas ofrecen unos ejemplos de lógica de control que permiten realizar la orientación de la señal de potencia en el caso de la segunda variante de realización (tabla 1) y en el caso de la tercera variante de realización (tabla 2).

5

Tabla 1: Segunda variante de realización de los medios de emisión

Control Posición S1	Canal de emisión
1	Canal Suma (canal Σ)
2	Canal Diferencia (canal Δ)

Tabla 2: Tercera variante de realización de los medios de emisión

Control Posición S1	Control Posición S2	Control Posición S3	Canal de emisión
1	1	X	Canal Suma (canal Σ)
1	2	X	Canal Diferencia (canal Δ)
2	X	1-3	Canales Σ y Δ (media-potencia)

En el caso de la primera variante de realización de los medios de emisión 32 según la invención, mediante la simple decisión de emplear uno, el otro o los dos emisores permite las tres configuraciones posibles descritas en la tabla 2 con, además, la ventaja de que la tercera configuración, de emisión en los dos canales simultáneos, se hace sin pérdida de potencia.

10

Así pues, la arquitectura según la invención tal como se ha descrito con anterioridad permite de manera ventajosa sacar partido de la existencia de un canal Diferencia (canal Δ) de la antena 16, en principio utilizado únicamente en la recepción para implementar el procesamiento monopulso, de tal modo que se utilice la parte del lóbulo de antena que corresponde al diagrama del canal Diferencia para llevar a cabo las transacciones con unas aeronaves cuando que estas aun no están o ya no están iluminadas por la parte de lóbulo de antena que corresponde al diagrama del canal Suma (canal Σ). De este modo se incrementa de forma muy sustancial la duración durante la cual una misma aeronave está iluminada por el lóbulo de antena y por consiguiente el número de transacciones que se pueden llevar a cabo en cada pasada del lóbulo de antena en la dirección (acimut) considerada. Según la invención, este resultado se obtiene de manera ventajosa, sin que sea necesario tocar la propia antena, ni por lo tanto los medios que realizan la formación de los diagramas por microondas Suma y Diferencia. La invención no aporta, por lo tanto, de manera ventajosa ninguna alteración de los rendimientos del radar vinculados principalmente a la antena, como la precisión por ejemplo.

15

20

A continuación en el documento se presentan dos ilustraciones prácticas que muestran, para un funcionamiento en modo S y para un funcionamiento en modo IFF, la forma ventajosa cómo la invención mejora el funcionamiento de un radar secundario.

25

El primer ejemplo ilustrativo se refiere a las transacciones en modo S. En este modo de funcionamiento, la necesidad operativa de los radares secundarios consiste principalmente, teniendo en cuenta el incremento impuesto de las velocidades de giro de las antenas, en incrementar el tiempo de iluminación para permitir hacer frente a un incremento de la densidad local de aeronaves en acimut. En otras palabras, en el modo de secuenciación según la invención el número de aeronaves que hay que tratar en un tiempo dado se incrementa de forma sustancial.

30

El cuadro sinóptico de la figura 9 ilustra la manera cómo se ha realizado la secuenciación de las interrogaciones en modo S de un radar secundario que funciona en una configuración actual, conocida.

En dicha configuración, las transacciones "ELS" de vigilancia realizadas con la aeronaves son realizan, por principio, para cada acimut concernido 90, es decir para cada acimut en el cual se espera la presencia de una aeronave, mientras este acimut esté situado en el interior de la zona iluminada por el lóbulo de antena 91 que corresponde al canal Suma, barriendo este lóbulo de antena los acimuts al ritmo de la rotación de la antena. Este modo de funcionamiento viene impuesto, por principio, en la medida en que se quiere realizar una localización precisa de esta aeronave por medio de la función de medición de la desviación del radar (procesamiento monopulso en la recepción en los canales Suma (canal Σ) y Diferencia (canal Δ)).

35

Por otra parte, las transacciones "EHS" de intercambios de datos en modo S también se realizan, para cada acimut concernido 90, mientras este acimut esté situado en el interior de la zona iluminada por el lóbulo de antena 91. Ahora bien, al tratarse de intercambios de datos, la consideración de única ventana de iluminación constituida por el lóbulo de antena 91, que corresponde únicamente al canal Suma, no está justificada por la necesidad de realizar la

40

localización de la aeronave, al realizarse esta en otro punto. Sin embargo, la configuración material de los radares actuales no les permite operar de forma diferente las transacciones “ELS” y “EHS”; estas se hacen necesariamente en el canal Suma (canal Σ).

5 Por consiguiente, cada intervalo de tiempo empleado para efectuar las transacciones con un duración dada que se traduce en una extensión acimutal 92, el número de transacciones posibles “ELS” o “EHS” en la dirección dada 90 de una aeronave dada, siete transacciones en la ilustración de la figura 9, por ejemplo, está limitado por la extensión acimutal del único lóbulo 91. Por lo tanto, como se ilustra en la figura, este modo de funcionamiento puede causar la aparición, para un acimut dado, de conflictos entre las tareas que hay que ejecutar, debiendo realizarse varias transacciones en un tiempo de iluminación 91 insuficiente para emplazar todas las transacciones que hay que efectuar, estando presentes simultáneamente numerosas aeronaves en un mismo sector acimutal. Por consiguiente, al darse la prioridad a la Vigilancia (transacciones “ELS”), entonces la ejecución de transacciones “EHS” ya casi no es posible a gran distancia para un radar de largo alcance que gira rápidamente.

10 El cuadro sinóptico de la figura 10 ilustra en el mismo ejemplo la manera cómo se realiza la secuenciación de las interrogaciones en modo S de un radar secundario que funciona en una configuración que corresponde a la arquitectura según la invención.

15 En esta nueva configuración, las transacciones “ELS” de vigilancia se realizan siempre para cada acimut 90 en el cual se localiza una aeronave, mientras este acimut esté situado en el interior de la zona iluminada por el lóbulo de antena 91 que corresponde al canal Suma (canal Σ), siendo necesaria esta configuración para realizar la función de medición de la desviación (procesamiento monopulso) que permite localizar de forma precisa a la aeronave en acimut.

20 Por el contrario, en la medida en que el radar secundario dispone de la posibilidad de emitir además unas interrogaciones por el canal Diferencia (canal Δ) y tratar las respuestas recibidas por este mismo canal Diferencia, se pueden entonces realizar unas transacciones “EHS” de intercambios de datos en modo S por medio del canal Diferencia, es decir cuando el acimut considerado está iluminado por los lóbulos de antena 101 o 102 que corresponden al canal Diferencia. Por consiguiente, para un acimut dado, las transacciones “ELS” y “EHS” se pueden por tanto realizar, para una aeronave dada, en unos instantes diferentes del barrido de antena. Por lo tanto, incluso en el caso de una vigilancia de largo alcance ejecutada por un radar que comprende una antena que gira rápidamente, se pueden ejecutar para un mismo acimut del eje de la antena un mayor número de transacciones “ELS” y “EHS”, pudiendo realizarse estas transacciones en unos instantes diferentes del intervalo de tiempo durante el cual la aeronave considerada se encuentra iluminada por el haz de radar.

25 De este modo, esta ampliación ventajosa de la duración durante la cual un acimut dado está iluminado por el radar permite de forma ventajosa aumentar de manera sustancial el número de transacciones que se pueden ejecutar para un acimut dado del eje de antena. De este modo la invención permite mejorar un radar, sin modificar el diagrama de radiación de la antena, de tal modo que puede cumplir con las restricciones debidas al incremento del número de aeronaves así como al número de las tareas que hay que ejecutar y por el aumento de la velocidad de giro de la antena.

30 Los cuadros sinópticos de las figuras 11 y 12 ilustran esta propiedad ventajosa por medio de un ejemplo simple de situación de funcionamiento en el cual tres aeronaves están localizadas en unos acimuts A1, A2 y A3 en una zona del espacio comprendida entre un acimut AC1 y un acimut AC6 sucesivamente iluminados por el diagrama de antena.

35 La figura 11 presenta una representación de la secuenciación de las diferentes transacciones que puede realizar el radar con las tres aeronaves, durante el barrido. El haz de antena se representa en este caso mientras ilumina sucesivamente a la aeronave 2, a la aeronave 1 y luego a la aeronave 3.

40 La figura 12, por su parte, muestra el conjunto de las transacciones que se pueden realizar con una o varias de estas aeronaves, situadas a distancias diferentes, de acuerdo con el acimut en el cual se centra el diagrama de antena.

45 La figura 11 muestra para unas posiciones diferentes sucesivas del eje central de la antena radar (AC1, AC2,..., AC6) durante unos periodos para transacciones (denominados “Roll Call period” según la terminología anglosajona) las interrogaciones ELS y EHS que se ejecutan en estas con las tres aeronaves.

50 En el contexto de las figuras 11 y 12 se parte de la hipótesis de que el sector acimutal que incluye los acimuts AC1 a AC6 tiene una gran densidad de aeronaves que hay que interrogar con, para cada aeronave, un número importante de BDS que hay que extraer. Se considera, además, que es necesario realizar varias interrogaciones ELS para cada aeronave (por razones ligadas al protocolo de Modo S o debido simplemente a las dificultades de propagación o de contaminación electromagnética). Por consiguiente, se está en un contexto en el que el canal Suma (canal Σ) se utiliza totalmente para llevar a cabo las transacciones ELS y en el que las transacciones EHS se presentan por lo tanto de forma sistemática en el canal Diferencia (canal Δ). De este modo, para un periodo de transacción dado 92 tal como el que se realiza cuando la antena ilumina el acimut A4 el radar secuenciará:

- una interrogación EHS por el canal Diferencia derecho 101 (canal Δ) con la aeronave 3 localizada en el acimut A3 que entra dentro de la iluminación del radar;
- una interrogación ELS por el canal Suma 91 (canal Σ) con la aeronave 1 localizada en el acimut A1 situado en el centro de la iluminación del radar;
- 5 – una interrogación EHS por el canal Diferencia izquierdo 102 (canal Δ) con la aeronave 2 localizada en el acimut A2 que sale de la iluminación del radar.

Esta configuración considerada como ejemplo permite mostrar bien el carácter ventajoso de la invención que hace posible la ejecución de algunas tareas por el canal Diferencia.

10 El cuadro sinóptico 12 detalla para el mismo ejemplo la secuenciación de estas interrogaciones durante unos periodos de transacciones 92 correspondientes a las diferentes posiciones AC1 a AC6 del eje central de la antena del radar, considerando como hipótesis unos blancos A1, A2 y A3 cuyas distancias respectivas D1, D2 y D3 al radar son tales que $D1 > D2 > D3$.

15 Hay que señalar que la optimización de la ubicación de la función de colocación de las diferentes interrogaciones que hay que llevar a cabo en los periodos de transacciones selectivas, denominados “Roll Call periods” según la denominación anglosajona, responde a una problemática conocida que se puede resolver mediante cualquier método conocido. Por lo tanto esta no se detalla aquí.

20 También hay que señalar, a modo de recordatorio, que los periodos de llamada general o “All Call Periods” según la denominación anglosajona, forman parte integrante de la secuenciación de los intercambios entre el radar y las aeronaves. Estos incorporan habitualmente dos tipos de interrogaciones “All Call”: una interrogación en modo “mode S only All Call” utilizada para adquirir los nuevos aviones en modo S que entran en la cobertura del radar y una interrogación destinada a los aviones “SSR only” para la vigilancia de los aviones que no están en modo S. Por ello se mencionan, sin más detalle, en la figura 12.

Por el contrario, el cuadro sinóptico de la figura 12 detalla los periodos Roll Call 92 para cada acimut AC1 a AC6 representando las diferentes transacciones:

- 25 – por avión destinatario (A1, A2, A3);
- por tipo de transacciones (ELS, EHS);
- por clase (Interrogación, Respuesta);
- por canal de la antena utilizado para la transacción (canal Suma, canal Diferencia).

30 En la figura 12, se muestran con un fondo sombreado las transacciones que son posibles mediante la implementación de la invención, transacciones realizadas por el canal Diferencia.

Hay que señalar que la primera y la tercera variantes de realización de los medios de emisión 32 según la invención, ofrecen la posibilidad de emitir de forma simultánea en Suma y Diferencia. Así pues se pueden transmitir las mismas interrogaciones “All Call” en los dos canales de forma simultánea y de este modo incrementar el tiempo de iluminación sobre los blancos SSR y Modo S que entran en el lóbulo de antena.

35 De este modo el incremento del número de interrogaciones All Call permite gestionar más tipos de modo SSR por vuelta de antena y desenmarañar mejor las respuestas de aviones en modo S al solicitarles una menor tasa de respuestas (de acuerdo con el modo de funcionamiento conocido con la denominación anglosajona “Probability Reply” o “PR”).

40 Por otra parte, también hay que señalar que la primera variante de realización de los medios de emisión 32 según la invención, ofrece además la posibilidad de emitir, de forma simultánea en los canales Suma y Diferencia, unos mensajes diferentes de interrogaciones. Se pueden incrementar aún más las posibilidades de funcionamiento que ilustra la figura 12 al emitir de forma simultánea una interrogación ELS en el canal Suma y una interrogación EHS en el canal Diferencia, lo que permite por tanto interrogar exactamente en el mismo momento a dos aviones diferentes, siempre y cuando estén lo suficientemente separados en acimut. En este caso, la interrogación ISLS del canal de control es común a las dos interrogaciones Suma y Diferencia.

45 La implementación de dicha variante permite incrementar aún más el número de interrogaciones selectivas ELS o EHS en el mismo periodo “Roll Call” permitiendo de este modo la disminución de la duración de estas, lo que es necesario cuando la antena gira rápido.

50 De este modo, para el periodo de transacción dado 92 tal como el que se realiza cuando la antena ilumina el acimut AC4, el radar puede secuenciar de forma simultánea una interrogación EHS por el canal Diferencia derecho 101 (canal Δ) con la aeronave 3 localizada en el acimut A3 que entra en la iluminación del radar, y una interrogación ELS por el canal Suma 91 (canal Σ) con la aeronave 1 localizada en el acimut A1 situado en el centro de la iluminación del radar.

55 El segundo ejemplo de ilustración se refiere a las transacciones en modo IFF, modo que interesa al sector militar y se aplica a las interrogaciones de las aeronaves militares por un radar secundario configurado para ejecutar dichos

intercambios. En este modo de funcionamiento, la necesidad operativa de los radares secundarios consiste principalmente, teniendo en cuenta el incremento impuesto por las velocidades de rotación de las antenas, en mantener o incluso incrementar el tiempo de iluminación de tal modo que se realicen las transacciones de mayor duración con las aeronaves militares interrogadas.

5 Los cuadros sinópticos de las figuras 13 y 14 presentan la secuenciación de las transacciones efectuadas por un radar secundario actual, es decir la secuenciación de las interrogaciones efectuadas por un radar secundario en la estructura actual, en el caso típico de una designación efectuada sobre un blanco, tradicionalmente el caso de una petición de identificación IFF de un blanco detectado por un radar primario.

10 Según los escenarios de evoluciones posibles del blanco, de la aeronave considerada y de su distancia al radar secundario, la posición prevista del blanco o bien se conoce con precisión como en el caso de la figura 13, estando el blanco localizado en una estrecha ventana de predicción 131, o bien con una gran incertidumbre, estando entonces el blanco localizado en una amplia ventana de predicción 141 como en el caso de la figura 14. En este último caso, el blanco puede en particular estar situado bien al principio o bien al final de la ventana de predicción como lo ilustran las flechas 142 y 143. Por consiguiente, el radar comienza a interrogar a la aeronave en cuanto el diagrama 132 del canal Suma, único canal empleado, intercepta la ventana de predicción 131 o 141, es decir, cuando el acimut del eje de la antena que también es el centro del diagrama del canal Suma se introduce en una zona 144 que corresponde a la ventana de predicción más la mitad del diagrama del canal Suma. A continuación, en cuanto el blanco se ha detectado por completo, la interrogación puede finalizar.

20 De este modo, como se puede comprobar, la exploración de la ventana de predicción se lleva a cabo por un único canal Suma. Por consiguiente, el número de respuestas necesarias para llevar a cabo la transacción IFF no permite que un radar secundario actual, cuya antena gira rápidamente, lleve a cabo una identificación IFF de largo alcance, con la calidad requerida de rechazo de los perturbadores.

25 Los cuadros sinópticos de las figuras 15 y 16 presentan, por su parte, la secuenciación de las transacciones que lleva a cabo un radar secundario según la invención, en los dos casos, ya ilustrados en las figuras 13 y 14, de una ventana de predicción estrecha 131 y de una ventana amplia 141.

30 Como anteriormente, el radar comienza a interrogar a la aeronave en cuanto el haz de antena intercepta la ventana de predicción. Sin embargo, el haz de antena considerado en este caso es el que corresponde a la vez a los canales Suma y Diferencia. Por consiguiente, se comienza a interrogar a la aeronave en cuanto el haz de antena se introduce dentro de la ventana de predicción 131 o 141, es decir cuando el acimut del eje de antena que también es el centro del diagrama del canal Suma se introduce en una zona que corresponde a la ventana de predicción más la mitad del diagrama de los canales Suma 132 o 144 y Diferencia 151 o 161. A continuación, como anteriormente la interrogación finaliza en cuanto el blanco se ha detectado por completo.

35 De este modo, cuando el eje de la antena se introduce en la zona 151 (o 161) las interrogaciones se emiten en el canal Diferencia. A continuación, a partir del momento en el que el eje de la antena se introduce en una zona 132 o 144 y mientras el blanco no se detecte, las interrogaciones se emiten entonces en el canal Suma para la segunda variante de realización de los medios de emisión 32 y de forma simultánea en los canales Suma y Diferencia para la primera y la tercera variantes de realización de los medios de emisión 32. Cuando finalmente se detecta el blanco, las interrogaciones se transmiten, como se muestra en la figura 16, bien en el canal Suma o bien en el canal Diferencia en función del acimut del blanco que se conoce entonces de forma precisa. El ejemplo de la figura 16 presenta el caso de un blanco 143 al principio de una ventana de predicción y otro 142 al final de la ventana de predicción.

45 Hay que señalar que, como se ilustra en las figuras 15 y 16, sea cual sea el tamaño de la ventana de predicción, de este modo se prolonga sustancialmente la duración durante la cual se puede interrogar a una aeronave y recibir su respuesta, una vez localizada de forma precisa en acimut, lo que hace posible, para un radar secundario según la invención, llevar a cabo una identificación IFF de largo alcance, de buena calidad, incluso para una gran velocidad de rotación de la antena.

50 También hay que señalar que, según la invención, la función de gestión espacio temporal 31 tiene en cuenta las mediciones de las potencias de las respuestas recibidas por los canales Suma y Diferencia, potencias medidas por los medios de procesamiento de la señal 14, para determinar en qué canal debe realizarse la emisión de las interrogaciones en un instante dado con el fin de explotar la potencia máxima radiada sobre el blanco (interrogaciones por el canal Diferencia y a continuación por el canal Suma al principio de la ventana y recíprocamente por el canal Suma y a continuación por el canal Diferencia al final de la ventana).

55 También hay que señalar que en caso de solapamiento entre zonas de designación de interrogación IFF, según la variante de realización de los medios de emisión utilizada para implementar la invención, se puede gestionar parcial o completamente dicho solapamiento:

En el caso de un radar secundario según la invención, el procesamiento de las superposiciones es diferente en función de la variante de realización considerada.

5 Con la segunda variante de realización, que se ilustra en la figura 7, en un instante dado la emisión de las interrogaciones se realiza bien en el canal Suma o bien en el canal Diferencia. Por lo tanto, en caso de solapamiento de acimut, se da prioridad a la interrogación que debe emitirse en el canal Suma. No obstante, esto conduce entonces parcialmente al procesamiento de los blancos solapados a lo que se realiza en un radar actual que no comprende la invención.

Con la tercera variante de realización, que se ilustra en la figura 8, en la zona de solapamiento las interrogaciones, si son del mismo tipo, se pueden emitir en los canales Suma y Diferencia, eso sí con una potencia reducida a la mitad para cada canal.

10 Con la primera variante de realización, que se ilustra en la figura 6, para dos ventanas predictivas distintas que se solapan, las interrogaciones se pueden gestionar de forma independiente utilizando simultáneamente los dos canales de emisión Suma y Diferencia, y disponiendo de forma ventajosa de una potencia máxima en cada uno de los canales. Por consiguiente, las combinaciones de uso de los canales Suma y diferencia, que se resumen en la tabla 3, serían por tanto lo más habitual.

Tabla 3: Combinaciones de uso de los canales Suma y Diferencia

Canal Suma	Canal Diferencia	COMENTARIOS	MODOS UTILIZADOS
-	X	para detección blanco previsto que inicia entrada en el haz	SSR, IFF, MS_EHS
X	X	para detección blanco previsto que entra en el haz centro lóbulo	SSR, IFF, MS EHS
X	-	para detección y localización del blanco en centro lóbulo	SSR, IFF, MS_EHS MS_ELS
X	X	para detección blanco que sale del haz centro lóbulo	SSR, IFF, MS_EHS
-	X	para detección blanco que sale del haz	SSR, IFF, MS EHS
X	X	para detectar un blanco previsto con incertidumbre en el acimut	SSR, IFF

15

REIVINDICACIONES

1. Radar secundario del tipo que comprende una antena (16) que presenta un diagrama de radiación que forma un canal Suma, Σ , un diagrama de radiación que forma un canal Diferencia, Δ , y un diagrama que forma un canal Control, Ω , unos medios (31) para generar unos mensajes de interrogaciones "canal Suma" y unos mensajes de interrogaciones ISLS "canal Control", unos medios (32) para emitir estos mensajes respectivamente por los canales Suma y Control de la antena, así como unos medios para garantizar la recepción (13) y el procesamiento (34) de las señales radioeléctricas recibidas por los canales Suma, Control y Diferencia, configurados para detectar las respuestas de aeronaves en las señales recibidas por el canal Suma de la antena y realizar un procesamiento monopolso y un procesamiento SLS de estas respuestas utilizando las señales recibidas por los canales Diferencia y Control de la antena;

caracterizado porque los medios para generar los mensajes de interrogaciones (31) están configurados para generar también unos mensajes de interrogaciones "canal Diferencia", porque los medios de emisión están configurados para poder emitir estos mensajes por el canal Diferencia de la antena, comprendiendo los medios para generar los mensajes de interrogaciones (31) unos medios (311) para gestionar la transmisión de cada mensaje de interrogación hacia el canal de emisión correspondiente; y porque los medios para garantizar la recepción (13) y el procesamiento (34) de las señales radioeléctricas recibidas por los canales Suma, Control y Diferencia están configurados (341) para detectar las respuestas de aeronaves en las señales recibidas por el canal Diferencia de la antena, estando configurados y dispuestos los medios de tal modo que, para un instante dado, las transacciones entre el radar y una aeronave dada se pueden llevar a cabo bien por el canal Suma del lóbulo de antena, bien por el canal Diferencia, según la posición del blanco en el lóbulo de la antena en el instante considerado, o bien por los dos canales.

2. Radar según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al estar los medios (31) para generar los mensajes de interrogaciones configurados para poder remitir de forma simultánea a los medios de emisión (32) dos mensajes idénticos o distintos, los medios de emisión (32) comprenden dos canales de emisión distintos, estando un canal de emisión (121) dedicado a la emisión de uno de los mensajes por el canal Suma del lóbulo de la antena y estando dedicado el otro (321) a la emisión del otro mensaje en el canal Diferencia del mismo lóbulo de antena.

3. Radar según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al estar los medios (31) para generar los mensajes de interrogaciones configurados para poder remitir de forma alterna unos mensajes "canal Suma" y unos mensajes "canal Diferencia" a los medios de emisión (32), los medios de emisión (32) comprenden unos medios únicos (121) para transformar el mensaje remitido en una señal radioeléctrica y unos medios de conmutación (71) para dirigir la señal producida a aquel de los canales de antena, canal Suma o canal Diferencia, que corresponde a la naturaleza del mensaje remitido.

4. Radar según la reivindicación 1, **caracterizado porque** al estar los medios (31) para generar los mensajes de interrogaciones configurados para poder remitir de forma alterna o de forma simultánea unos mensajes idénticos "canal Suma" y unos mensajes "canal Diferencia" a los medios de emisión (32), los medios de emisión (32) comprenden unos medios únicos (121) para transformar el mensaje remitido en una señal radioeléctrica así como unos medios de conmutación (81, 82, 83 y 84) configurados para dirigir la señal producida, bien al canal Suma de la antena, bien al canal Diferencia o bien a los dos canales.

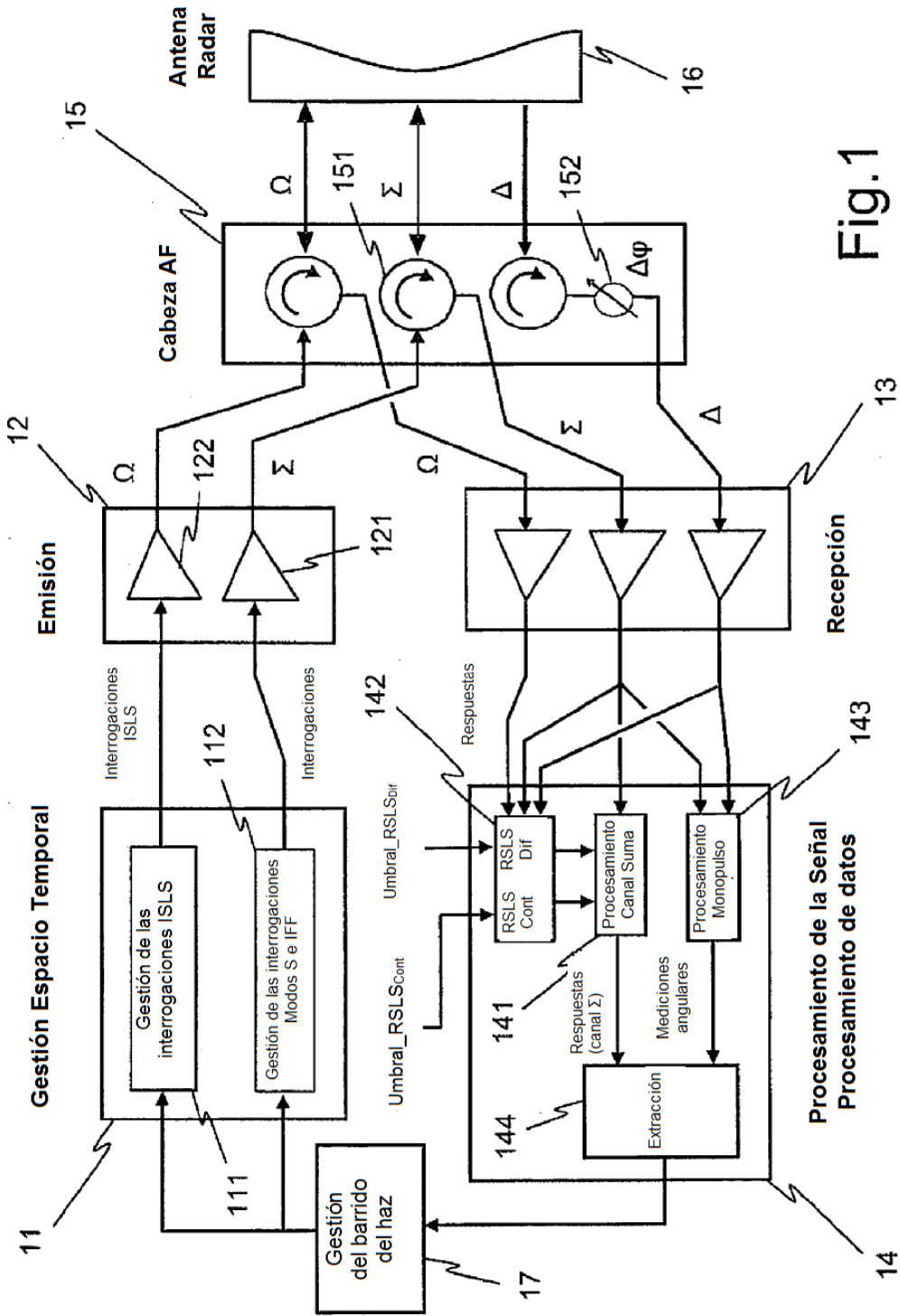
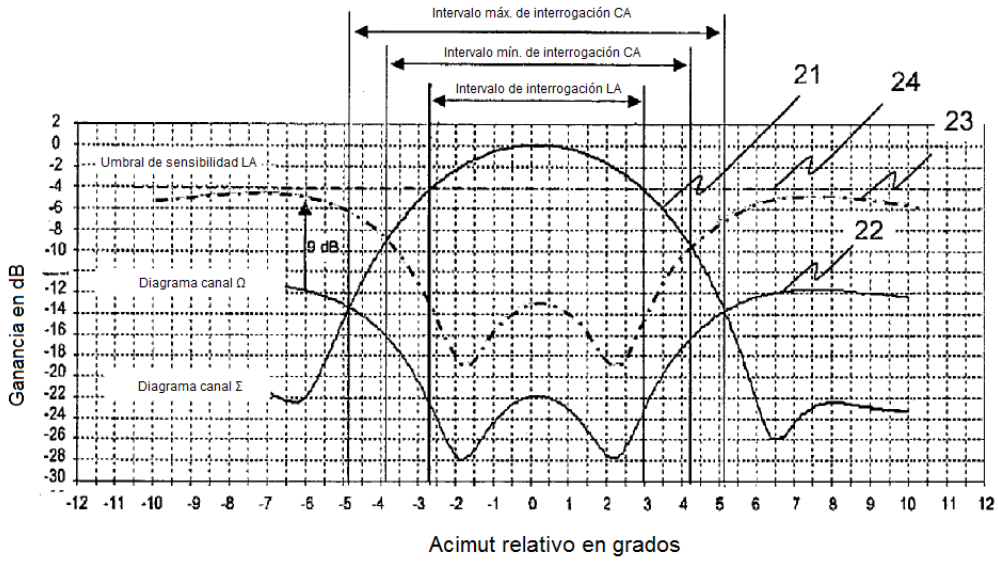
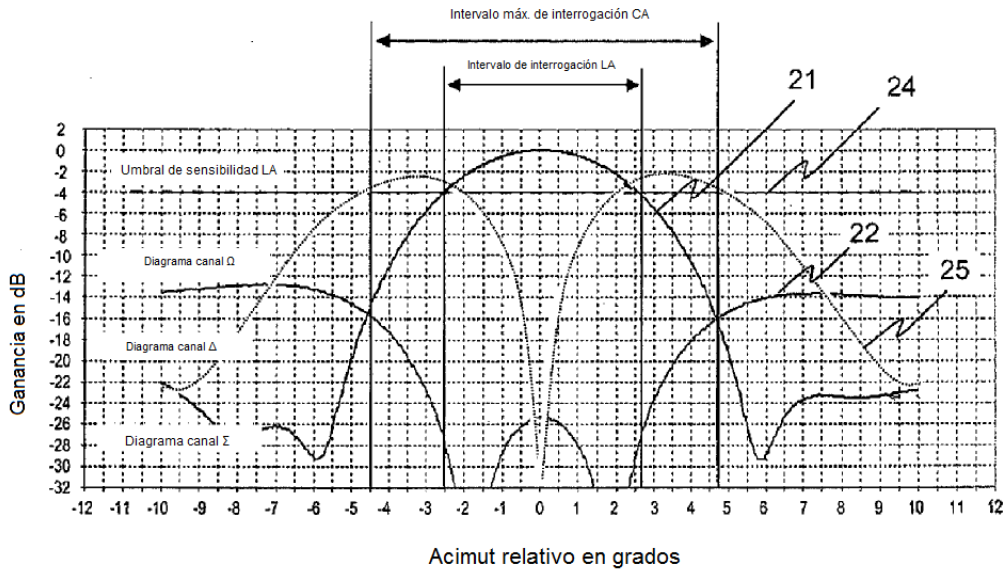


Fig.1



2_A Limitación de los intercambios en la emisión



2_B Limitación de los intercambios en la recepción

Fig. 2

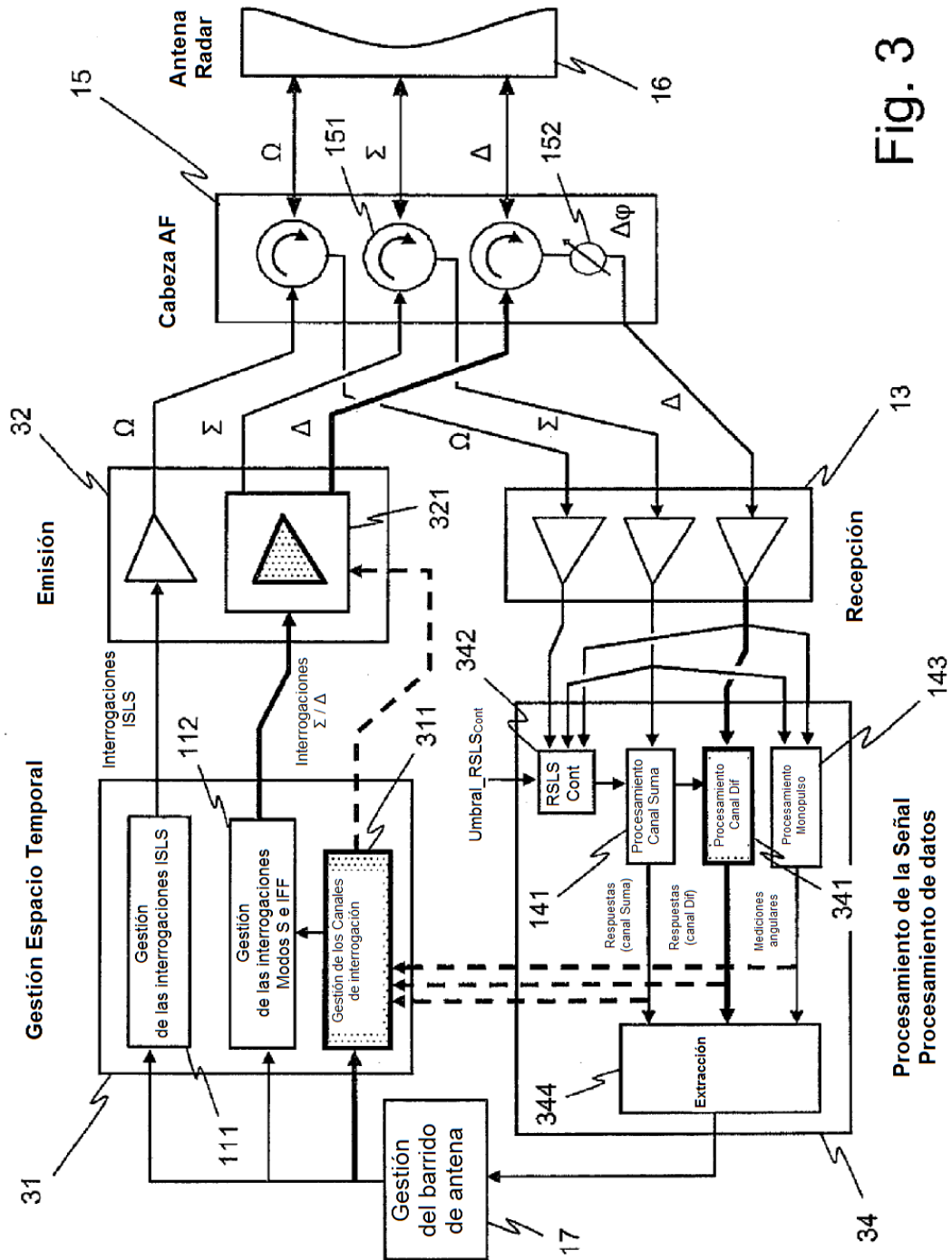
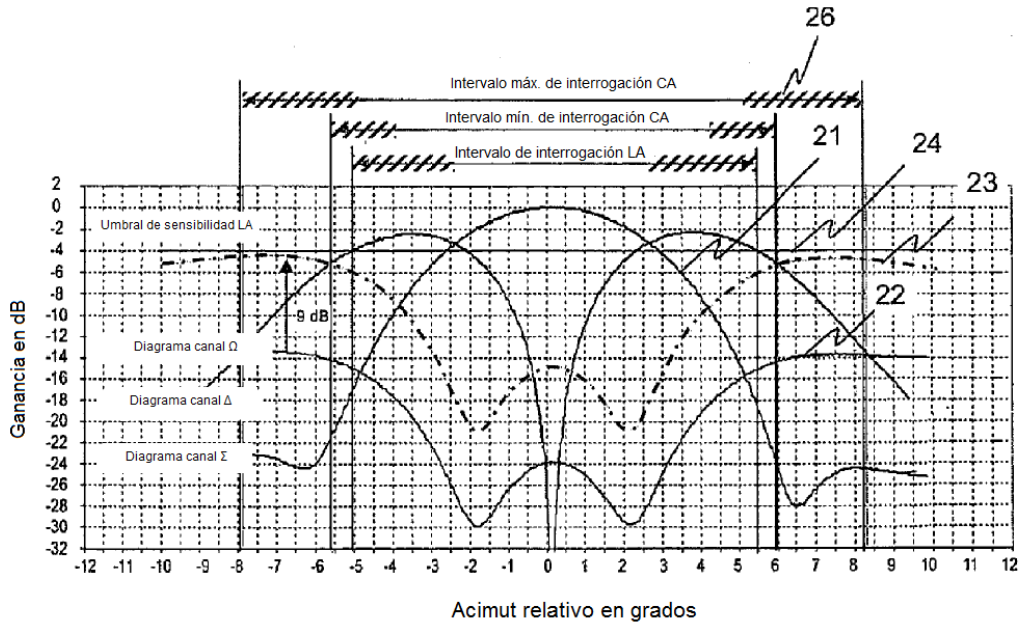
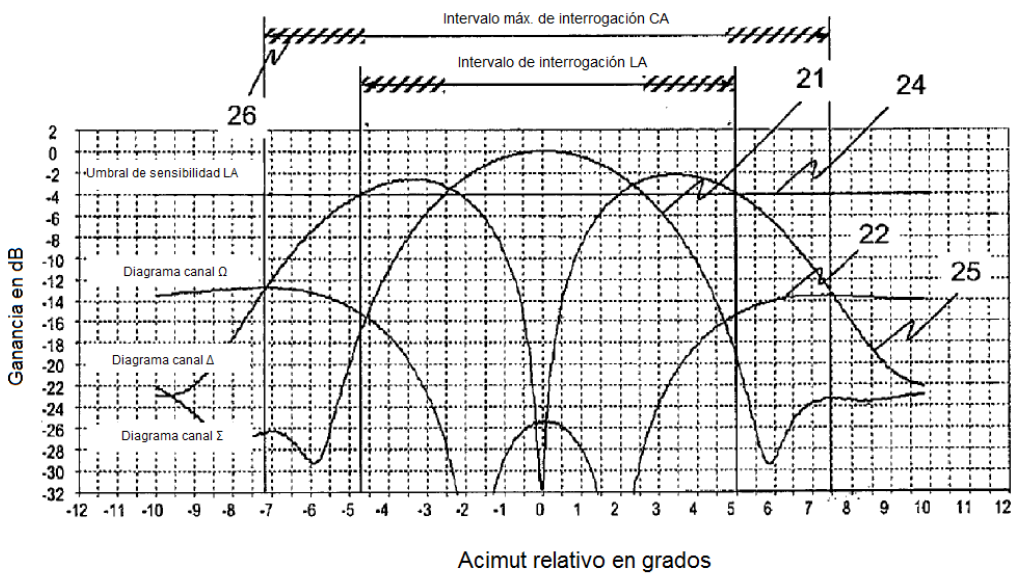


Fig. 3



4_A Limitación de los intercambios en la emisión



4_B Limitación de los intercambios en la recepción

Fig. 4

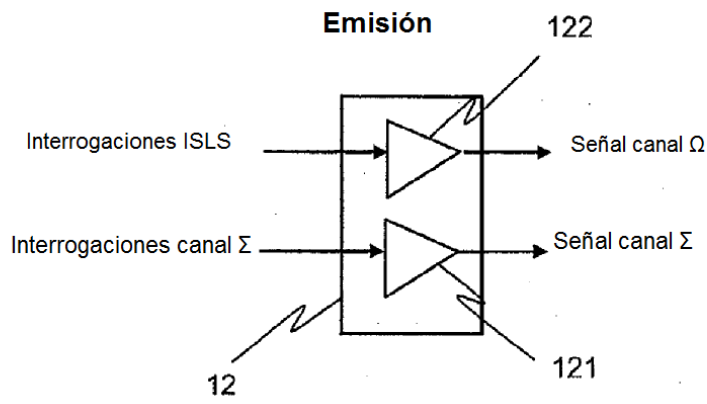


Fig. 5

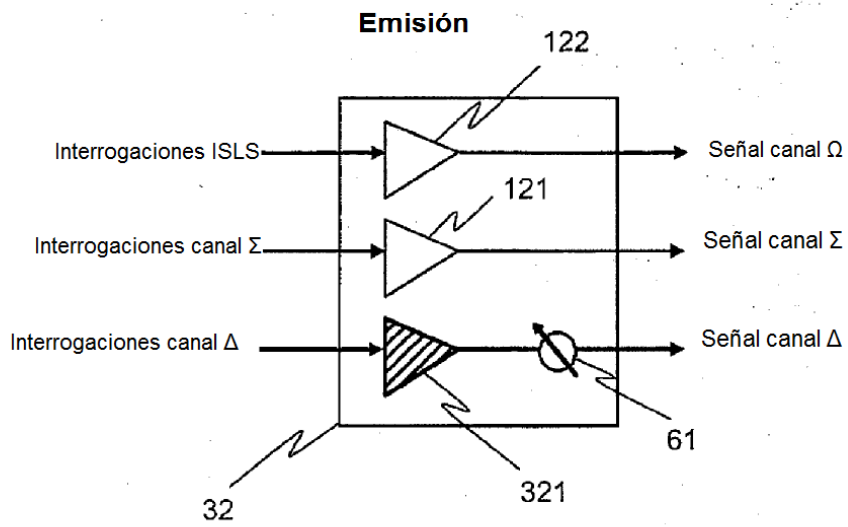
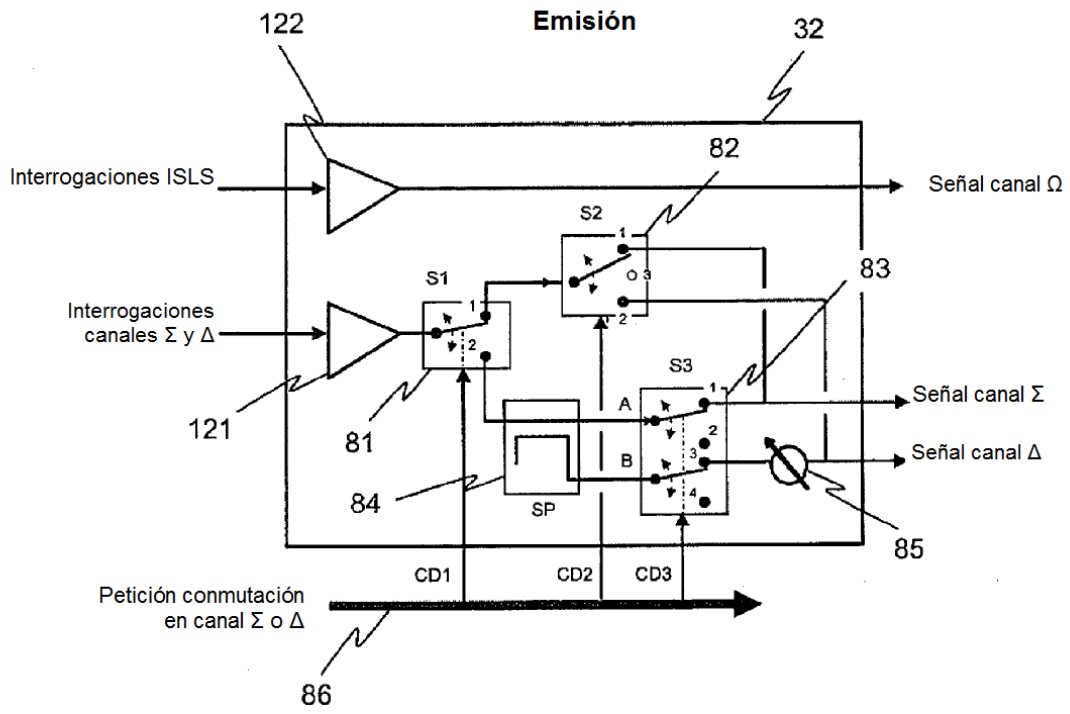
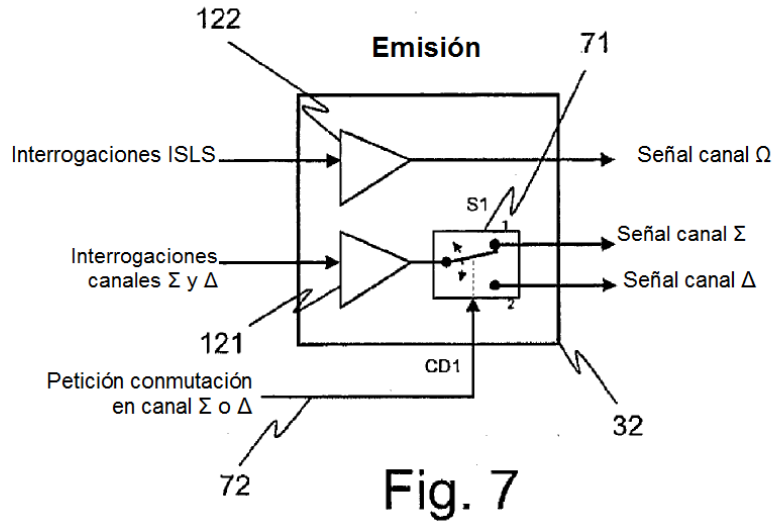


Fig. 6



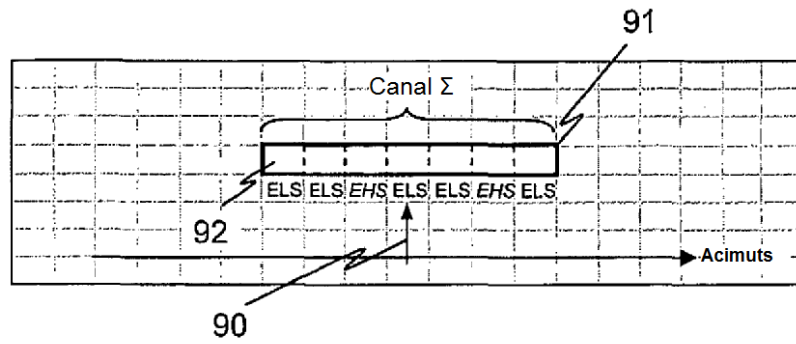


Fig. 9

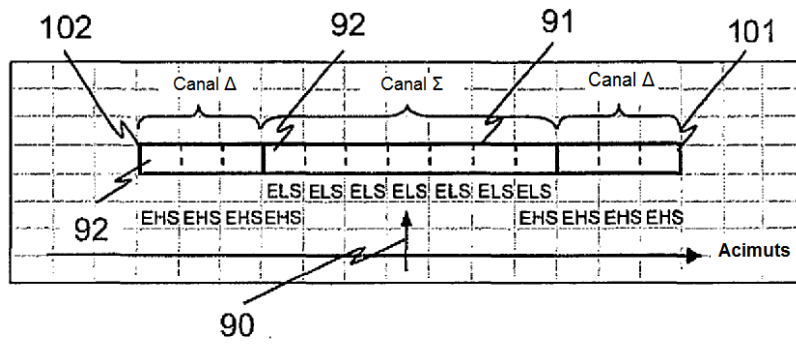


Fig. 10

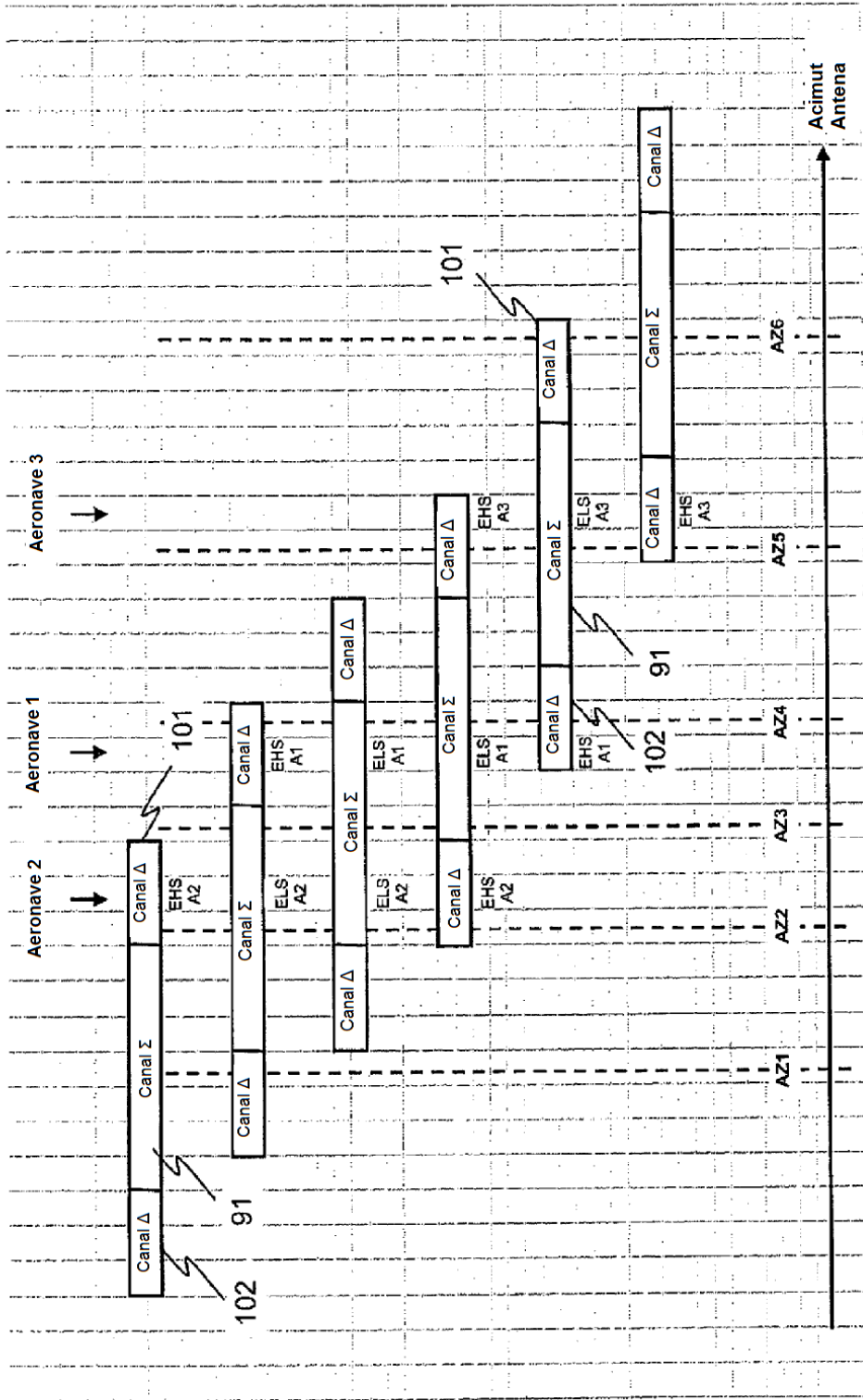


Fig. 11

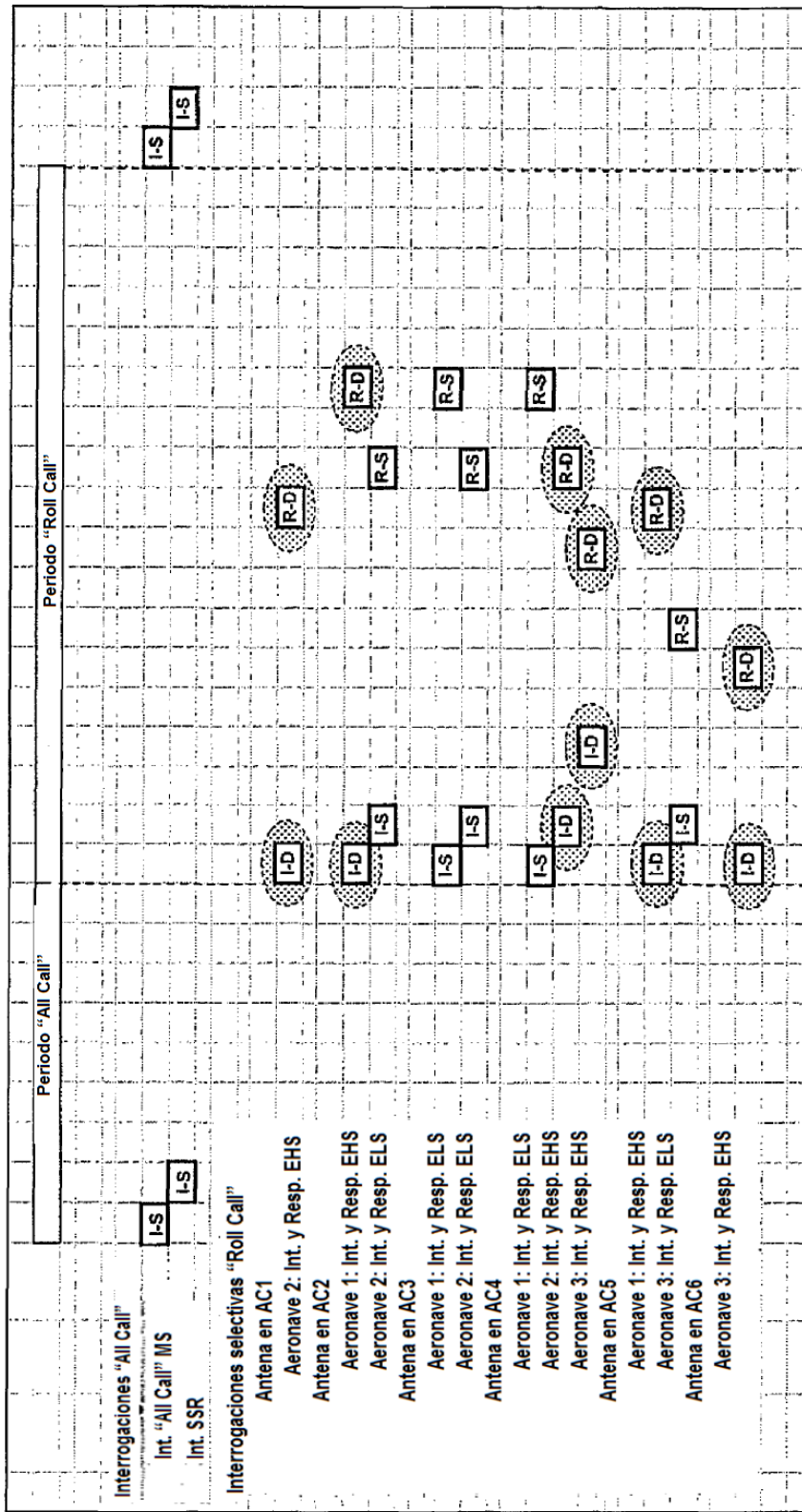


Fig. 12

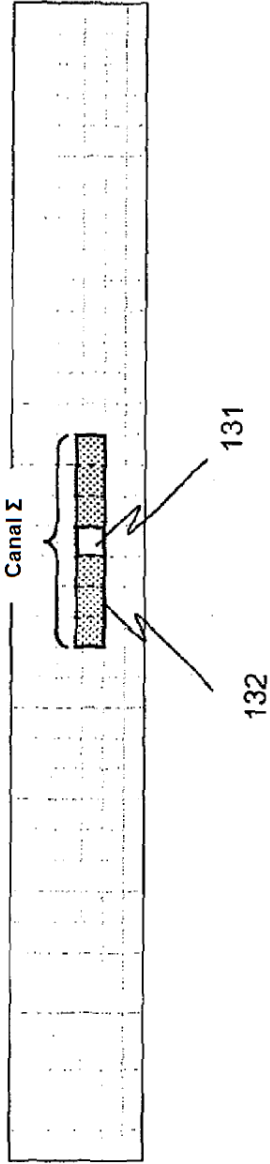


Fig. 13

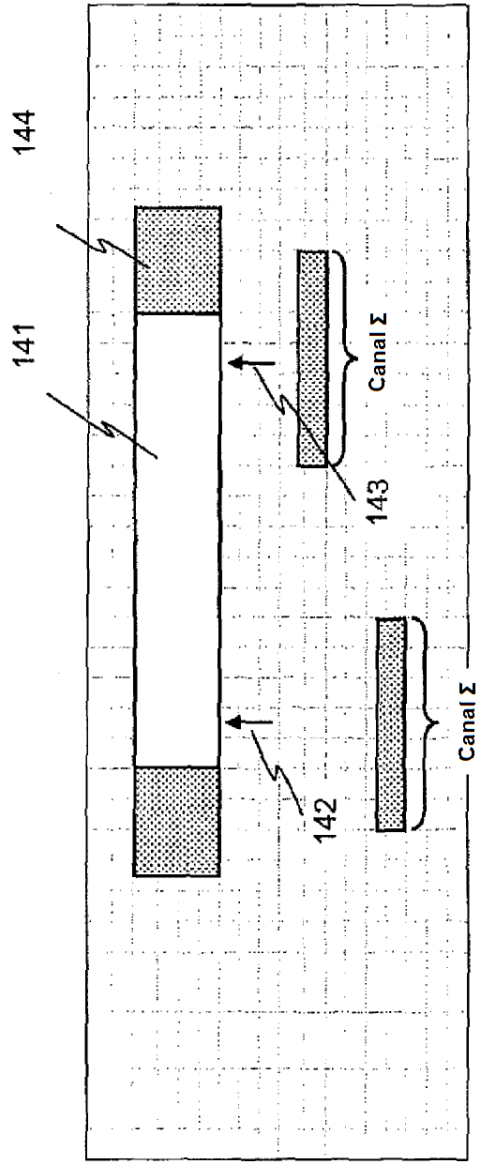


Fig. 14

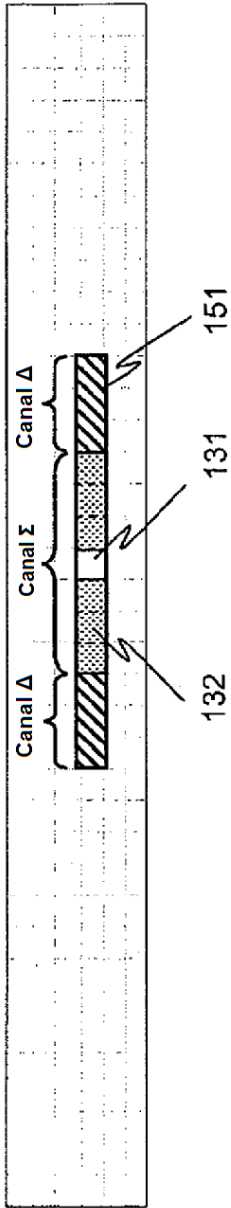


Fig.15

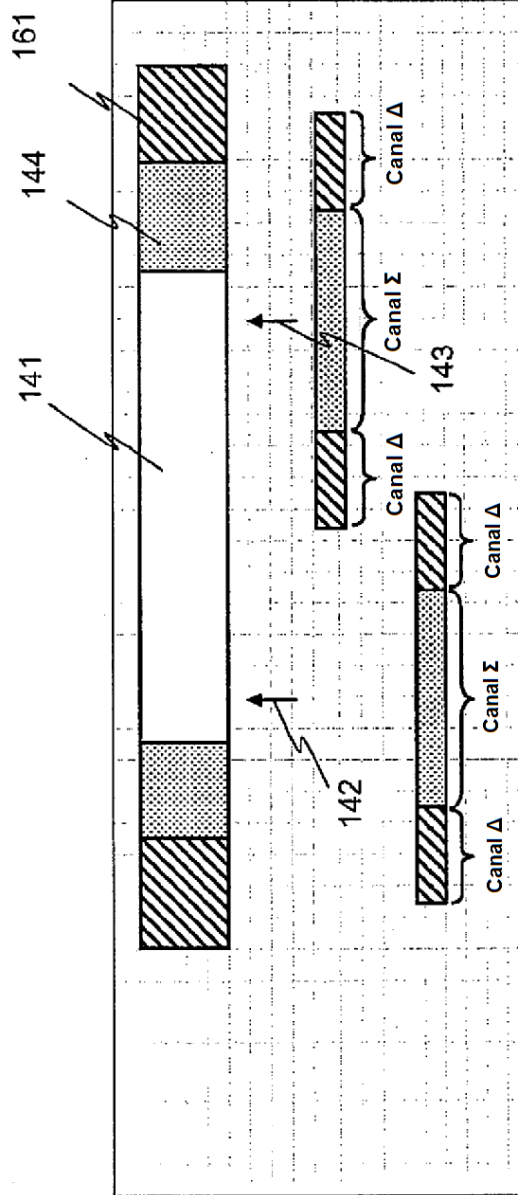


Fig.16