

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 450 048**

51 Int. Cl.:

G01S 13/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2007 E 07847859 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 2092367**

54 Título: **Procedimiento de reducción de los efectos causados por las propagaciones multitrayecto durante el procesamiento de respuestas en modo "S"**

30 Prioridad:

12.12.2006 FR 0610815

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

21.03.2014

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 2 450 048 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 reducción de los efectos causados por las propagaciones multitrayecto durante el procesamiento de respuestas en modo "S"

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de reducción de los efectos causados por las propagaciones multitrayecto durante el procesamiento de respuestas en modo « S » de detección de blancos, tales como aeronaves, mediante unos radares secundarios de vigilancia (comúnmente denominados SSR).

10 En algunos casos de recepción de señales de ecos de radar, esta recepción puede estar contaminada por señales parásitas causadas por multitrayectos de alta potencia en diferentes direcciones. En estas condiciones, los actuales procesamientos de señal en modo S conocidos no consiguen procesar de forma correcta las respuestas en modo S. De esto se derivan pérdidas inadmisibles de detección de aeronaves.

15 Se recuerda en este punto que el principio del modo S es la interrogación selectiva de las aeronaves utilizando la información mono-impulso para llegar, con una única interrogación en el lóbulo, a « localizar » y « decodificar » casi con certeza (cálculo de un CRC, es decir un código de redundancia cíclico) el mensaje transmitido por el transpondedor de a bordo. Por lo tanto, se han desarrollado unos algoritmos en este contexto que conceden por tanto todo su objetivo al procesamiento de una respuesta.

Las características del estándar Modo S (estándar ICAO, Anexo 10) son:

- El principal objetivo es llevar a cabo la detección y la localización (en 3D: acimut, distancia, altitud) de una aeronave en una única interrogación. De este modo EUROCONTROL, al igual que el STNA en Francia, han definido una métrica: el número de interrogaciones por vuelta de antena de radar y por aeronave, además de la probabilidad de detección. De este modo se ve que, además del rendimiento del radar clásico, se considera importante la manera cómo este se obtiene (indicador de eficacia).
- La respuesta en Modo S (véase un ejemplo simplificado en la figura 1) es, por constitución, mucho más larga (64 μ s o 120 μ s) y más densa que la respuesta SSR (21 μ s) y, por consiguiente, más sensible a los multitrayectos: el espacio entre dos impulsos en Modo S es bien de 500 ns o bien de 1 μ s, mientras que es del orden de 1 μ s, 2,45 μ s, 3,45 μ s,... para una respuesta SSR. Por lo tanto, la probabilidad de que un multitrayecto de una respuesta contamine los impulsos de esta misma respuesta es mucho más alta en Modo S que en SSR.
- Los datos intercambiados entre el suelo y la aeronave deben ser fiables: la especificación de la estación de Modo S según el estándar de EUROCONTROL exige una tasa de error de 10^{-7} . Para ello, el estándar ha previsto un código corrector de errores (CRC en 24 bits) que permite detectar si el mensaje está alterado. Este código se ha diseñado para hacer frente a la mezcla (« garbling») entre respuestas secundarias clásicas (21 μ s de duración, como máximo 14 impulsos de 450 ns contaminados, esto es una media de 8 impulsos contaminados por respuesta, repartidos en 21 μ s).
- En la práctica, para cumplir con las exigencias de seguridad de los datos intercambiados, se realiza la corrección de al menos 10 bits separados por menos de 24 μ s en el mensaje en Modo S. De este modo, una respuesta SSR más rica en impulsos que la media (código con más de 6 impulsos de los 12 posibles), puede contaminar más de 10 bits del mensaje en Modo S, y por consiguiente hacer que una respuesta en Modo S (véase la figura 2) no se pueda corregir.
- El procesamiento de señal realiza a la vez la decodificación de la respuesta en Modo S y el marcado de los bits del mensaje (1 bit dura 1 μ s) que pueden ser erróneos (de mala calidad). Por principio del estándar Modo S, solo son estos bits marcados los que podrá utilizar el código corrector de errores durante la corrección.

Este concepto, que se aplica en un entorno de propagación limpio, frente a los « garblings » (señales parásitas) que cambian de interrogación a interrogación a causa de la selectividad de la interrogación, es plenamente operativo. En presencia de fuertes multitrayectos, que quedan por definición « pegados » a la respuesta, el concepto ya no resiste: cada respuesta se analiza y se rechaza de forma independiente de las demás.

45 En efecto, con los procedimientos que se conocen actualmente, a veces sucede que las respuestas en modo S recibidas están autocontaminadas sistemáticamente por multitrayectos:

- de las reflexiones « on line » (en el eje de la antena);
- y/o « en lateral » (ligeramente desplazadas del eje de la antena).

50 El procesamiento de señal en modo S está optimizado para el procesamiento de una respuesta por lóbulo, y por lo tanto la decodificación y la corrección del mensaje se llevan a cabo en una única respuesta. Cuando hay un fallo, automáticamente se emite una nueva interrogación y de nuevo la función de procesamiento de señal (de aquí en adelante llamada simplemente PS) utiliza la nueva respuesta. En presencia de multitrayectos, hay otra vez un fallo. Mientras el blanco está en el lóbulo de recepción del radar y mientras la respuesta no se haya podido decodificar, se genera una nueva interrogación. Por lo tanto, cuando los multitrayectos son fuertes, el número de interrogaciones selectivas para un blanco contaminado puede, a la larga, ser igual al que el procesamiento secundario producía en modo no selectivo. Pero como la decisión de decodificación se toma en cada respuesta, se produce globalmente un fallo en todo el lóbulo.

Se conoce, en particular por la patente americana US 5 528 244, un procesamiento de señal mejorado en modo S para procesar unas respuestas que son objeto de distorsiones causadas por trayectos múltiples.

5 Los dispositivos de la técnica anterior estaban ligados principalmente al procesamiento de señal (PS) para realizarse la mejor manera posible las funciones de decodificación y de asignación de calidad puesto que, a continuación, debido al estándar Modo S, el método de detección de errores así como la eficacia de la corrección venían impuestos por el código empleado y la tasa demandada de falsas detecciones.

El PS utiliza para cada respuesta la información disponible a la salida del receptor, que está conectado a la antena de radar, esto es:

- las detecciones de potencia en los canales SUMA (« SUM ») y DIFERENCIA;
- 10 – la información de fase que representa la desalineación del blanco en el lóbulo (información denominada « monopulso » y que llamaremos así de aquí en adelante).

En referencia a las figuras 3 a 5, se van a describir tres casos típicos de contaminación de la respuesta en Modo S:

- por unas falsas respuestas SSR;
- por unas respuestas síncronas en Modo S;
- 15 – por unos multitrayectos de la respuesta en Modo S.

El principio de corrección descrito con anterioridad no resiste a algunas configuraciones extremas que se encuentran en diferentes ubicaciones de radar de las que se pueden extraer tres casos ilustrativos (pero no limitativos):

- Caso de la figura 3, encontrado en Europa del Norte: en un entorno contaminado por numerosas respuestas secundarias asíncronas (denominadas « fruit »), es probable que de una interrogación selectiva en Modo S a la siguiente las respuestas asociadas se contaminen cada vez con una respuesta SSR-fruit con potencia claramente más elevada que la respuesta en Modo S (caso de un blanco útil a una gran distancia de 470 km y de una falsa respuesta generada por unos blancos próximos al radar en cuestión, pero que responde a un radar lejano). Al ser asíncronas las falsas respuestas, provocan errores en bits diferentes de una respuesta en Modo S a la siguiente. En la figura 3, se representan al inicio de la línea temporal los cuatro impulsos de preámbulo de respuesta en Modo S no contaminados. A continuación vienen unos bits de datos (con las referencias Bit 1 a Bit 20 25 56 en la figura), de los cuales los primeros están contaminados por unos impulsos parásitos de una respuesta SSR de código completo (representados en gris en la figura, y con una amplitud superior a la de los bits útiles) que llegan de manera asíncrona con respecto a los impulsos útiles. Dichos impulsos parásitos también pueden tanto rellenar los espacios entre símbolos como superponerse de forma más o menos importante a los impulsos directos.
- En la figura 4 se ilustra un segundo caso. La contaminación está causada por unas respuestas parásitas síncronas provenientes de aeronaves diferentes para las interrogaciones de un mismo radar. En fase de adquisición de las respuestas en modo S (« All Call ») en un entorno cargado de blancos como un corredor aéreo en Europa del Norte, las respuestas útiles en modo S se contaminan mutuamente de forma síncrona. El porcentaje de bits falsos depende de la tasa de superposición de las respuestas en Modo S entre sí. De 35 40 45 50 55 recurrencia a recurrencia, los bits erróneos pueden no ser siempre los mismos a causa de los intervalos entre las señales de frecuencia diferentes. De este modo, en el caso de la figura 4, mientras un radar comienza a recibir una respuesta en Modo S de una primera aeronave, una respuesta procedente de una segunda aeronave comienza a llegar a partir del segundo bit de datos de la primera respuesta. Los cuatro impulsos de sincronización son tales que el primero de estos se sitúa entre el segundo y el tercer impulso de la primera respuesta, mientras que los otros tres se superponen de formas diferentes a los impulsos Bit 3 a Bit 7 de la primera respuesta, debido a que las distancias respectivas de los impulsos de sincronización no son los mismos que los de los impulsos de datos. A continuación, los impulsos de datos de la segunda respuesta se superponen a los impulsos de datos de la primera.
- La figura 5 se refiere al caso de una propagación multitrayecto de una misma respuesta. En presencia de multitrayectos fuertes, cuando el PS decodifica mal los bits, estos se reparten por cualquier parte en la respuesta puesto que, por naturaleza, el multitrayecto puede contaminar todos los bits del mensaje. En efecto, al ser los multitrayectos la misma respuesta repetida y desplazada en el tiempo con una duración que puede alcanzar los 3 µs, los bits mal decodificados dependen del propio mensaje y de los intervalos de las señales (respuesta directa y multitrayectos) en el receptor, lo que deforma los impulsos a la salida del receptor. Por consiguiente, el PS que utiliza la potencia recibida, puede ubicar mal los impulsos, asignando incorrectamente una potencia a estos y, como consecuencia, decodificar mal la respuesta. Ahora bien, el principio del código detector de error no puede permitir corregir los errores separados por más de 24 µs. De una respuesta en Modo S a la siguiente, los bits erróneos no son los mismos, ya que la distorsión de los impulsos a causa del intervalo entre la onda directa y las ondas reflejadas depende de la diferencia de rendimiento que cambia lo suficiente de recurrencia a recurrencia (10 ms).

El mercado, en los nuevos usos de los radares en Modo S, incrementa la necesidad de detectar un blanco basándose en pocas interrogaciones en Modo S, más allá incluso de la necesidad de tener un buen indicador de eficacia, puesto que:

- la velocidad de rotación de la antena del radar de vigilancia se incrementa: a menudo un giro de 4 segundos para un alcance de 470 km. Como consecuencia, el tiempo de iluminación sobre un blanco se reduce y, por consiguiente, la posibilidad de volver a interrogar en caso de fallo es más limitada;
- las transacciones de datos en Modo S requieren tiempo de iluminación sobre el blanco, reduciendo de este modo el número posible de recurrencias para una re-interrogación en caso de fallo durante el ensayo anterior. Los radares militares demandan interrogaciones adicionales en unos modos militares específicos (1 y 2), reduciendo por tanto aun más el número de recurrencias para el Modo S.

El procesamiento de respuestas de radares secundarios que realiza el solicitante desde los años 90 ha conocido dos desarrollos principales, que se ilustran en los diagramas de bloque de la figura 6 (en la parte superior y en el centro, respectivamente), del mismo modo que la solución de la invención (que se esquematiza en la parte inferior de la figura). Todos los radares secundarios que aplican estas tres técnicas diferentes de extracción comprenden tres etapas principales, que corresponden a las tres etapas principales del procesamiento de extracción de tramas y se representan en las mismas columnas del dibujo: una etapa 1 de procesamiento por radiofrecuencia, una etapa 2 de procesamiento de señal (denominada de aquí en adelante PS) y una etapa 3 de procesamiento de datos (denominada de aquí en adelante PD). La etapa 1 es la misma para las tres realizaciones. Esta comprende básicamente una antena radar 4, un receptor 5 y un interrogador 6. Para la etapa 2, se han esquematizado, a la salida del receptor de cada uno de los tres procedimientos, varios procesamientos sucesivos de detección y de determinación de calidad uno detrás de otro, que corresponden a unas interrogaciones sucesivas.

Las dos técnicas conocidas son las siguientes:

1. « Reply Processing and Correlator R.P.C. ». Se trata de un extractor secundario desarrollado en los años 1992-1999 y para el cual se han presentado varias patentes, que solo se refiere al innovador procesamiento de señal SSR (Radar Secundario de Vigilancia), caracterizado por un alto poder de discriminación basado en el análisis de forma de las señales recibidas en el canal Σ . El principio del procesamiento secundario se basa en la interrogación sistemática de todos los blancos presentes en el lóbulo a razón de una docena de respuestas (seis en modo A y seis en modo C) por blanco en el lóbulo. Las principales funciones se gestionan de la siguiente forma (véase la figura 6):

- o La Gestión Espacio Temporal (GET): se gestiona mediante los elementos 7 (velocidad del haz) y 8 (GET) y es muy simple ya que la secuenciación está sistemáticamente formada por interrogaciones en modo A y en modo C entrelazadas.

- o El Procesamiento de señal (PS):

- Detecta y decodifica las respuestas SSR basándose en el análisis de forma de las señales recibidas en el canal Σ ;
- Establece una calidad construida basándose en el análisis de la información Σ y Δ/Σ .

- o El Procesamiento de Datos (PD) (9) realiza la extracción de la trama basándose en:

- el número de detecciones por modo o cualquier modo para detectar la trama;
- la elaboración de los códigos modo A/modo C mediante el análisis de los códigos obtenidos en cada modo asociado a sus calidades y basado en un estimador para cada impulso del código que utiliza los indicadores (señalizadores que muestran los riesgos de perturbación de una respuesta, por lo tanto su potencial de decodificarlas de forma correcta).

Los diagramas de bloque del dibujo muestran el grado de complejidad de las diferentes funciones principales anteriormente mencionadas:

- la Gestión Espacio Temporal (GET): baja complejidad;
- el Procesamiento de Señal (PS): complejidad media;
- el Procesamiento de Datos (PD): complejidad media.

2. « Interrogator and Reply Processing » o « I.R.P. ». Es un extractor secundario desarrollado en los años 1999-2005. Se han presentado varias solicitudes de patente para el Procesamiento de Señal en Modo S que innova en el contexto de un alto poder de discriminación basada en histogramas de los impulsos definidos por el análisis de forma de las señales recibidas en Σ y en Δ , y se ha presentado otra para el Procesamiento de Datos en Modo S que innova en la secuenciación de las interrogaciones selectivas en Modo S. El principio del procesamiento en Modo S se basa en la interrogación selectiva de cada blanco en el lóbulo a razón de entre una y dos respuestas por blanco en el lóbulo:

- o La Gestión Espacio Temporal (GET): se gestiona mediante los elementos 10 (velocidad del haz en Modo S) y 11 (GET en Modo S): es muy sofisticada ya que la secuenciación está condicionada a la vez por la secuenciación principal seleccionada por el operador en la cual debe inscribirse en tiempo real el conjunto de las interrogaciones selectivas y la ubicación de las ventanas de escucha asociadas a las respuestas esperadas de un blanco seleccionado (50 blancos por lóbulo).

o El Procesamiento de señal (PS): es muy sofisticado:

- Detecta los impulsos en Modo S basándose en el análisis de forma de las señales recibidas en los canales Σ y Δ , y del histograma de los impulsos.
- Establece una calidad construida de cada impulso basándose en histogramas de los impulsos Σ , Δ y Δ/Σ .
- Garantiza la detección de la respuesta basándose en los impulsos detectados.
- Garantiza la decodificación del mensaje de la respuesta basándose de los impulsos detectados y en las calidades asociadas para cada bit del mensaje.
- Lleva a cabo (en 12), de forma independiente para cada respuesta, el cálculo del síndrome de error del mensaje, y en caso necesario, intenta corregir el mensaje basándose en la calidad asociada a cada impulso.

o El Procesamiento de Datos (PD) realiza simplemente (en 13) la asociación de las respuestas para un blanco ya aislado por el PS y el cálculo de sus características generales (potencia, acimut, distancia).

Los diagramas de bloques del dibujo muestran el grado de complejidad de las diferentes funciones principales anteriormente mencionadas:

- la Gestión Espacio Temporal (GET): muy compleja;
- el Procesamiento de Señal (PS): muy compleja;
- el Procesamiento de Datos (PD): baja complejidad.

Actualmente, el PS determina, para cada respuesta detectada, un valor de referencia según las tres variables clásicas (en SUMA, en DIFERENCIA y en « MONOPULSO »), así como el número máximo de muestras coherentes con respecto a este valor para dichas tres variables, llamándose a estas muestras de aquí en adelante « muestras coherentes ». Este indica, además, la calidad global de la respuesta: cuanto más alto es este número máximo de muestras coherentes, más clara es la calidad global (no contaminada).

La decodificación de cada bit, así como la calidad (incertidumbre sobre su valor), se establecen con respecto a la posición del impulso o de los impulsos en el periodo del bit y del valor según dichas tres variables del/de los impulso(s) con respecto al valor de la respuesta para estas tres variables.

El cuadro sinóptico de la figura 7 es, a modo de ejemplo, un zoom sobre algunos bits del mensaje. Muestra la dificultad de decodificar algunos bits cuando el mensaje está contaminado por varios multitrayectos:

– la primera línea es una representación simplificada de las señales recibidas en la entrada del receptor:

- la señal útil de la respuesta;
- un multitrayecto ligeramente más débil desplazado en 500 ns;
- un segundo multitrayecto más débil desplazado en 800 ns;

– la segunda línea muestra para el canal SUMA o el canal DIFERENCIA la señal en la salida del receptor que utiliza el PS para definir la presencia de un impulso y su valor. La línea de puntos representa la potencia de la respuesta calculada sobre todos los impulsos en posición de pertenecer a la respuesta;

– la parte inferior de la figura ofrece un posible resultado del PS que trata sobre el establecimiento de los valores del impulso.

La presente invención tiene por objeto un procedimiento de procesamiento de respuestas en Modo « S » de aeronaves interrogadas por un radar, que permite reducir de forma significativa los efectos causados por las propagaciones multitrayecto, y que permita tener en cuenta cada respuesta, sean cuales sean los multitrayectos parásitos y conservar la probabilidad de detección (PD) contractual, incluso en unas malas condiciones de propagación.

El procedimiento de procesamiento según la invención es un procedimiento de procesamiento de respuestas de blancos interrogados por un radar de vigilancia para unas interrogaciones en modo S, de forma independiente para cada blanco presente en el lóbulo de recepción del radar, que comprende:

- una etapa de al menos una interrogación de los diferentes blancos presentes en el lóbulo de recepción del radar SSR;
- una etapa de recepción, después de cada interrogación, de todas las señales de respuesta recibidas para este lóbulo para cada blanco;
- una etapa de detección de las respuestas implementada por un módulo de procesamiento de señal (PS);
- una etapa de detección y de corrección de errores; y
- una etapa de extracción de las tramas correspondientes, dicho procesamiento de detección y de determinación de calidad de las señales, que se lleva a cabo en caso de fallo de decodificación por un módulo de procesamiento de datos (PD) que constituye un mensaje sintético con el conjunto memorizado de las respuestas a cada interrogación para un mismo blanco, establece, para cada bit de

cada mensaje, el valor y la calidad de este bit y realiza la detección y la corrección de errores a partir de este mensaje sintético, y para cada respuesta en Modo S no decodificada tras un intento de corrección efectuado sin éxito por el procesamiento de señal, o no decodificable como consecuencia de un gran número de bits de mala calidad en un mensaje incorrecto para intentar la corrección, el módulo de procesamiento de señal (PS) transmite:

- el valor de la respuesta para las tres variables de salida del receptor radar (SUMA, DIFERENCIA y MONOPULSO) así como el número máximo de muestras coherentes con este valor para las tres variables;
- para cada impulso potencialmente en la posición de cada bit del mensaje de la respuesta, el valor para dichas tres variables así como el número de muestras asociadas, que de este modo ofrecen un indicador de calidad del valor del impulso, indicando la información las condiciones de detección de la respuesta.

Según una característica de la invención, el mensaje sintético comprende el valor y la calidad de cada bit del mensaje en modo S.

Según una característica de la invención en cuanto al menos dos respuestas recibidas se consideran no decodificadas o no decodificables por el módulo de procesamiento de señal, el módulo de procesamiento de datos (PD) reconstruye una respuesta procediendo en las siguientes etapas:

- establece para cada bit del mensaje en Modo S un estimador basado en el uso de la información de los impulsos potenciales del bit para todas las respuestas recibidas, siendo esta información para cada variable de salida del receptor radar: el número de muestras coherentes de la respuesta, los señalizadores de calidad de la respuesta, el valor y el número de muestras de cada impulso, decodifica para cada bit del mensaje la posición del impulso que tiene el valor más grande del estimador y asigna una calidad a cada bit, siempre de acuerdo con el valor del estimador y la presencia de varios impulsos por bit;
- detecta los errores utilizando la nueva decodificación del mensaje.

Según una característica de la invención, cuando es posible y necesario corregir un mensaje, el módulo de procesamiento de datos intenta corregir los bits del mensaje utilizando las nuevas calidades de cada bit.

Según una característica de la invención, para incrementar las posibilidades de éxito, el intento de decodificación del mensaje se lleva a cabo de forma independiente:

- en las dos variables SUMA y MONOPULSO;
- en las dos variables DIFERENCIA y MONOPULSO;
- en el conjunto de las tres variables SUMA, DIFERENCIA y MONOPULSO para utilizar de la mejor manera posible las características de la contaminación (amplitud, desviación, ausencia de estabilidad temporal,...) puesto que es suficiente un éxito de los tres intentos para considerar el mensaje en Modo S como correctamente decodificado.

Según una característica de la invención, cuando se dispone de una potencia suficiente de cálculo en tiempo real, se reduce el número de interrogaciones selectivas utilizando aquellas ya recibidas poco a poco en cada lóbulo.

Según una característica de la invención, al final del lóbulo, se utilizan, no en tiempo real, las respuestas recibidas para poder decodificar el mensaje si este no se ha producido para una de las respuestas del lóbulo.

Según una característica de la invención, para un radar que funciona a unas velocidades de rotación superiores a aproximadamente 4 s por vuelta, se suprimen los periodos *All Call* (AC) y *Roll Call* (RC) con el fin de repartir mejor el tiempo del radar en función de la naturaleza de los blancos presentes en lóbulo del radar.

Según una característica de la invención, las interrogaciones en Modo S se sitúan teniendo en cuenta todas las tramas SSR/SIF presentes en el lóbulo.

Se entenderá mejor la presente invención con la lectura de la descripción detallada de un modo de realización, considerado a título de ejemplo no limitativo y que se ilustra en los dibujos adjuntos, donde:

- la figura 1, mencionada con anterioridad, es un diagrama temporal que muestra un ejemplo de respuesta en Modo S;
- la figura 2, mencionada con anterioridad, es un diagrama temporal que muestra unos ejemplos de contaminación de una respuesta en Modo S;
- las figuras 3 a 5, mencionadas con anterioridad, son unos diagramas temporales que muestran tres ejemplos característicos de contaminaciones diferentes de respuestas en Modo S;
- la figura 6 es un diagrama de bloques en tres partes, las dos primeras, ya descritas con anterioridad y representadas en la parte superior y en el centro de la figura, se refieren a los procedimientos de la técnica anterior, y la tercera, representada en la parte inferior de la figura, esquematiza las etapas principales del procedimiento de la invención;
- la figura 7 es un diagrama temporal de una parte de respuesta en Modo S que muestra los problemas con los que se encuentran los procedimientos de corrección de la técnica anterior; y
- la figura 8 es un diagrama de bloques de un dispositivo de implementación de la invención que corresponde a

una parte de la función « EXTRACTOR HAZ MODO S » de la figura 6.

En la parte inferior de la figura 6, que se refiere al procedimiento de la invención, se representan, en la etapa 2 de procesamiento de señal, varias secuencias sucesivas de procesamientos de detección y de determinación de calidad (el número de estas está ligado a los fallos sucesivos de decodificación). Se lleva a cabo un procesamiento de detección de las respuestas en los canales Σ y Δ , y un procesamiento de determinación de su calidad para los canales Σ y Δ , para la información Δ/Σ (« monopolso »), teniendo en cuenta el valor de los histogramas Σ , Δ y Δ/Σ . Los resultados de estos procesamientos se envían a los circuitos 15 de detección de errores y de corrección de errores y, en caso de fallo, a la vez a un extractor 14 en Modo S. La secuenciación de las interrogaciones está controlada por un dispositivo 16 de temporización y por un dispositivo 17 de GET en Modo S.

5 A continuación se va a describir en referencia a la figura 8 el procesamiento según la invención cuando no se pueden decodificar varias respuestas como consecuencia de su contaminación. La etapa 2 de procesamiento de señal (PS) suministra, para cada respuesta selectiva elaborada (hasta entre 5 y 10 por lóbulo), la siguiente información de mensaje (18.1 a 18.N) (idéntica para la serie de respuestas 1 a N, puesto que la pregunta planteada, y por consiguiente la respuesta recibida, es siempre la misma mientras hay un fallo):

- 15
- el número de bits presentes en el mensaje (compuesto por 56 o 112 bits):
 - para el canal Σ ;
 - para el canal Δ ;
 - la calidad de estos mismos bits:
 - para el canal Σ ;

20

 - para el canal Δ ;
 - para la información monopolso Δ/Σ ; - las características globales de la respuesta (19.1 a 19.N): resultado de los histogramas Σ , Δ , Δ/Σ , valor, número máximo de muestras coherentes con el valor esperado, indicadores de « garbling » (contaminación)...

25 Esta información se memoriza en los registros de desplazamiento con *feedback* (20.1 a 20.N) para releer los datos sin perderlos. Para cada impulso potencial del mensaje (es decir, para su posición teórica más o menos la tolerancia admitida en esta posición), se establece (21) un estimador que utiliza toda la información anterior para cada una de las variables (en SUMA, en DIFERENCIA y en MONOPULSO) de todas las respuestas recibidas. De esta se deduce la siguiente información para cada bit del mensaje:

- 30
- el valor del bit según la posición del impulso que tiene el valor más grande determinado por el estimador;
 - la calidad asociada a cada bit, siempre según el valor asignado por el estimador y la presencia de varios impulsos por bit (22).

35 A continuación, se procede de la forma clásica, como se hace en el procesamiento de señal para detectar los errores (23) utilizando estos nuevos mensajes de síntesis elaborados sobre el conjunto de las respuestas disponibles del lóbulo. En caso necesario, se intentan corregir los bits del mensaje utilizando las nuevas calidades de cada bit (es decir, la misma función que la del PS). Por último, se obtienen (24) unos mensajes decodificados para dichas tres variables.

Para incrementar las posibilidades de éxito, el intento de decodificación del mensaje se puede realizar de forma independiente:

- 40
- en las dos variables SUMA y MONOPULSO;
 - en las dos variables DIFERENCIA y MONOPULSO;
 - en el conjunto de las tres variables SUMA, DIFERENCIA y MONOPULSO para utilizar las características de ausencia de estabilidad de la contaminación, si por ejemplo el multitrayecto está desplazado en acimut en el lóbulo.

45 Si ninguna de las tres decodificaciones y correcciones tiene éxito, debe hacerse una nueva interrogación. Si de nuevo la respuesta obtenida no se corrige mediante el PS, se hace de nuevo completamente el proceso del PD descrito con anterioridad basándose en las tres respuestas, y así sucesivamente hasta que tenga éxito.

50 El éxito de esta nueva decodificación mediante el PS permite reducir el número de interrogaciones selectivas que hay que realizar permitiendo de este modo reducir el uso del emisor cuyo ciclo de carga (« duty cycle ») es limitado, lo que evita una saturación a causa de la carga cuando el lóbulo de antena ilumina un gran número de aeronaves. Esto también permite planificar más aeronaves en los periodos « Roll Call » siguientes y captar las aeronaves en Modo S más rápidamente (con una probabilidad PR de captar una respuesta tal que PR = 1) durante el arranque de una estación radar (actualmente PR = 0,5).

Así pues, debido a que el procesamiento de decodificación del mensaje utiliza todas las respuestas recibidas, este permite utilizar de la mejor manera posible la ausencia de estabilidad de la contaminación que ha hecho fallar la decodificación de cada respuesta considerada por separado.

5 Por consiguiente, el procedimiento de la invención aumenta claramente las posibilidades de decodificar correctamente el mensaje, ya que las perturbaciones y multitrayectos observados no son estables de una respuesta a otra y, por lo tanto, no siempre son los mismos bits del mensaje los que están mal decodificados. Por lo tanto, el procedimiento de la invención permite, sin generar ninguna interrogación adicional, decodificar un nuevo mensaje de respuesta a priori de mejor calidad que la de cada respuesta recibida de forma individual.

10 El procesamiento de la invención es útil en caso de un entorno electromagnético muy contaminado, en caso contrario los procedimientos existentes son suficientes: solo porque haya habido un fallo en una respuesta no hay por qué volver a plantear la pregunta al mismo blanco.

15 Según una característica de la invención, si el procesamiento en tiempo real presenta la potencia suficiente, se puede aplicar poco a poco en el lóbulo y de este modo permitir hacer únicamente el número de interrogaciones selectivas necesario en cuanto las respuestas anteriores utilizadas transversalmente permiten elaborar un mensaje correcto o corregible. Esto también permite tratar entonces un número mucho mayor de blancos diferentes. En caso contrario, sin añadir potencia de cálculo, al final del lóbulo, se pueden utilizar, no en tiempo real, las respuestas recibidas y tener una posibilidad añadida de decodificar el mensaje si este no se ha producido para una de las respuestas del lóbulo.

20 El procesamiento de decodificación del mensaje que utiliza el conjunto de las respuestas recibidas permite utilizar de la mejor manera posible la ausencia de estabilidad de la contaminación que ha hecho fallar la decodificación de cada respuesta por separado, como la contaminación denominada « garbling » por unas respuestas asíncronas SSR, unos multitrayectos que no son constantes de una respuesta a otra como consecuencia del desplazamiento del avión en distancia (la diferencia de recorrido se modifica, por lo tanto el intervalo entre la onda directa y la onda reflejada da una señal diferente, sin hablar de la posibilidad de que se modifique el reflector).

25 Por otra parte, el uso incipiente del protocolo Modo S en los radares militares IFF que giran a unas velocidades de rotación más altas (1, 2 o 4 segundos/giro) y que precisan conservar una compatibilidad para los modos SIF clásicos (modos 1 y 2), pero también las demandas de radares civiles capaces de funcionamiento « data-link » con unas altas velocidades de rotación (4 s/vuelta) muestran que la secuenciación clásica propuesta por la FAA, EUROCONTROL o el STANAG ya no resulta adecuada. En efecto, para los radares de alta velocidad de rotación, la secuenciación rígida basada en unos periodos « All Call » (AC) y « Roll Call » (RC) limita a la vez el número de interrogaciones SIF en el lóbulo, pero también los periodos asignados a las transmisiones en Modo S selectivas para el enlace de datos.

35 Las antenas IFF, al no ser antenas de barrido electrónico, el tiempo de iluminación del blanco está directamente ligado a la velocidad de rotación del radar. La asignación de manera rígida de los periodos para los diferentes protocolos: AC para el SIF y RC para el Modo S no permite adaptar el radar a la naturaleza y a la cantidad de los blancos SSR/SIF o Modo S presentes en el lóbulo.

40 Según una aplicación ventajosa de la invención, se propone dejar de asignar de manera rígida los periodos AC y RC. De este modo, al mezclar los dos protocolos, se puede optimizar el tiempo radar en función de los blancos presentes en el lóbulo (SIF o Modo S) y en función de los tipos de interrogaciones que hay que realizar (SIF o Modo S con enlace de datos). Para evitar las perturbaciones bien entre las interrogaciones en Modo S y las respuestas SIF o bien entre las respuestas en Modo S y las respuestas SIF, la ubicación de las interrogaciones en Modo S tiene en cuenta las posiciones previstas de las respuestas SIF de una manera similar a la que se realiza para la ubicación de las respuestas en Modo S entre sí en los periodos RC.

45 Sin embargo, en las zonas cargadas de aeronaves, la probabilidad de que una respuesta en Modo S esté contaminada por una o varias respuestas SSR (síncrona o asíncrona) es bastante alta. En efecto, no siempre será posible anidar las transacciones en Modo S (interrogaciones y respuestas) entre las transacciones síncronas SSR (interrogación y respuestas). Estas, según la distribución en distancia y acimut de las aeronaves, que pueden constituir un bloque de respuestas tan localmente denso que no sea posible integrar y que sea necesario hacer que las respuestas en Modo S se superpongan a las respuestas SSR síncronas.

50 En estos casos, la presente invención permite aprovechar la no estacionalidad de estos casos de superposición y, de este modo, decodificar las respuestas en Modo S, y por lo tanto permitir la puesta en práctica de la supresión de los periodos AC y RC para la optimización del tiempo radar en función de la naturaleza de los blancos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de procesamiento de respuestas de blancos interrogados por un radar de vigilancia para unas interrogaciones en modo S, de forma independiente para cada blanco presente en el lóbulo de recepción del radar, que comprende:

- 5 - una etapa de al menos una interrogación de los diferentes blancos presentes en el lóbulo de recepción del radar SSR;
- una etapa de recepción, después de cada interrogación, de todas las señales de respuesta recibidas para este lóbulo para cada blanco;
- una etapa de detección de las respuestas implementada por un módulo de procesamiento de señal (PS);
- 10 - una etapa de detección y de corrección de errores; y
- una etapa de extracción de las tramas correspondientes,
- caracterizado porque** dicho procesamiento de detección y de determinación de calidad de las señales lo lleva a cabo, en caso de fallo de decodificación mediante el procesamiento de señal, por un módulo de procesamiento de datos (PD) el cual consiste en un mensaje sintético con el conjunto memorizado de las respuestas a cada
- 15 interrogación para un mismo blanco, establece, para cada bit de cada mensaje, el valor y la calidad de este bit y realiza la detección y la corrección de errores a partir de este mensaje sintético, y **porque** para cada respuesta en Modo S no decodificada tras un intento de corrección efectuado sin éxito mediante el procesamiento de señal, o no decodificable como consecuencia de un excesivo número de bits de mala calidad en un mensaje incorrecto para intentar la corrección, el módulo de procesamiento de señal (PS) transmite:
- 20 - el valor de la respuesta para las tres variables de salida del receptor radar SUMA, DIFERENCIA y MONOPULSO así como el número máximo de muestras coherentes con este valor para las tres variables;
- para cada impulso potencialmente en la posición de cada bit del mensaje de la respuesta, el valor para dichas tres variables así como el número de muestras asociadas, que de este modo ofrecen un indicador de calidad del valor del impulso,

25 indicando la información las condiciones de detección de la respuesta.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el mensaje sintético comprende el valor y la calidad de cada bit del mensaje en modo S.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, en cuanto al menos dos respuestas recibidas se consideran no decodificadas o no decodificables por el módulo de procesamiento de señal, el módulo de procesamiento de datos (PD) reconstruye una respuesta procediendo a las siguientes etapas:

- 30 - establece para cada bit del mensaje en Modo S un estimador basado en el uso de la información de los impulsos potenciales del bit para todas las respuestas recibidas, siendo esta información para cada variable de salida del receptor radar: el número de muestras coherentes de la respuesta, los señalizadores de calidad de la respuesta, el valor y el número de muestras de cada impulso, decodifica para cada bit del mensaje la posición del impulso que tiene el valor más grande del estimador y asigna una calidad a cada bit, siempre según el valor del estimador y la presencia de varios impulsos por bit;
- 35 - detecta los errores utilizando la nueva decodificación del mensaje.

4. Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** cuando es posible y necesario corregir un mensaje, el módulo de procesamiento de datos intenta corregir los bits del mensaje utilizando las nuevas calidades de cada bit.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para incrementar las posibilidades de éxito, el intento de decodificación del mensaje se lleva a cabo de forma independiente:

- 45 - en las dos variables SUMA y MONOPULSO;
- en las dos variables DIFERENCIA y MONOPULSO;
- en el conjunto de las tres variables SUMA, DIFERENCIA y MONOPULSO para utilizar de la mejor manera posible las características de la contaminación (amplitud, desviación, ausencia de estabilidad temporal,...) puesto que es suficiente un éxito de los tres intentos para considerar el mensaje en Modo S correctamente decodificado.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cuando se dispone de una potencia suficiente de cálculo en tiempo real, se reduce el número de interrogaciones selectivas al usar aquellas ya recibidas progresivamente en cada lóbulo.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque**, al final del lóbulo, se utilizan, no en tiempo real, las respuestas recibidas para poder decodificar el mensaje si este no se ha producido para una de las respuestas del lóbulo.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para un radar que funciona a unas velocidades de rotación superiores a aproximadamente 4 s por vuelta, se suprimen los periodos All Call (AC) y Roll Call (RC) con el fin de repartir mejor el tiempo del radar en función de la naturaleza de los blancos presentes en

lóbulo del radar.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** las interrogaciones en Modo S se sitúan teniendo en cuenta el conjunto de las tramas SSR/SIF presentes en el lóbulo.

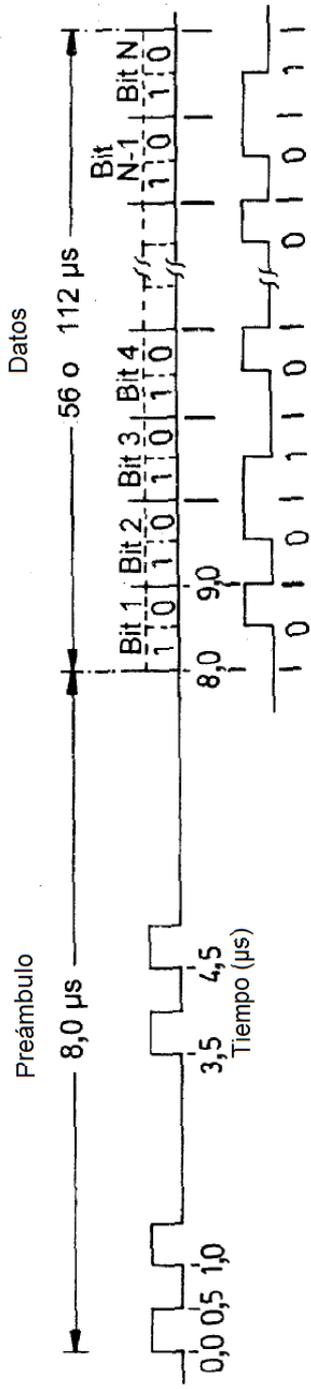


FIG.1

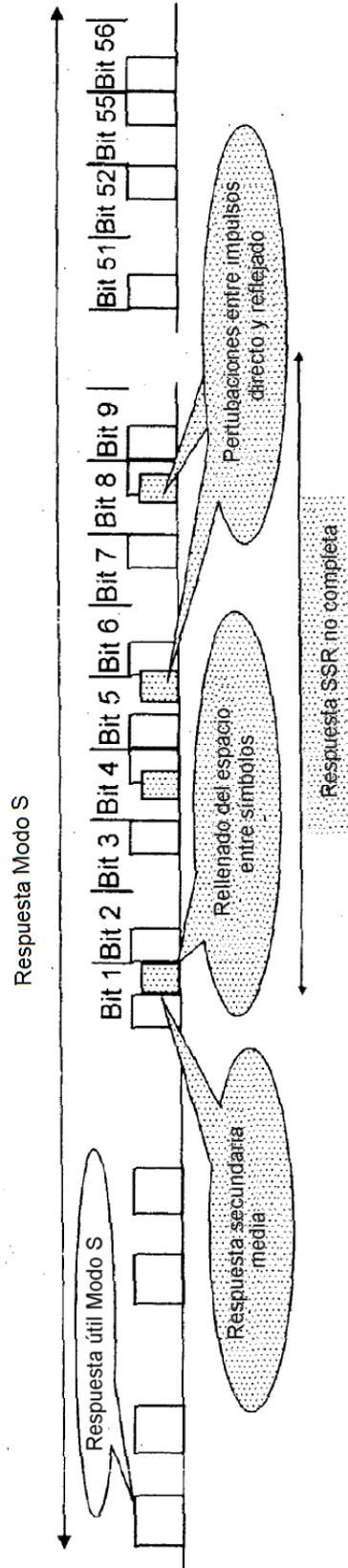


FIG.2

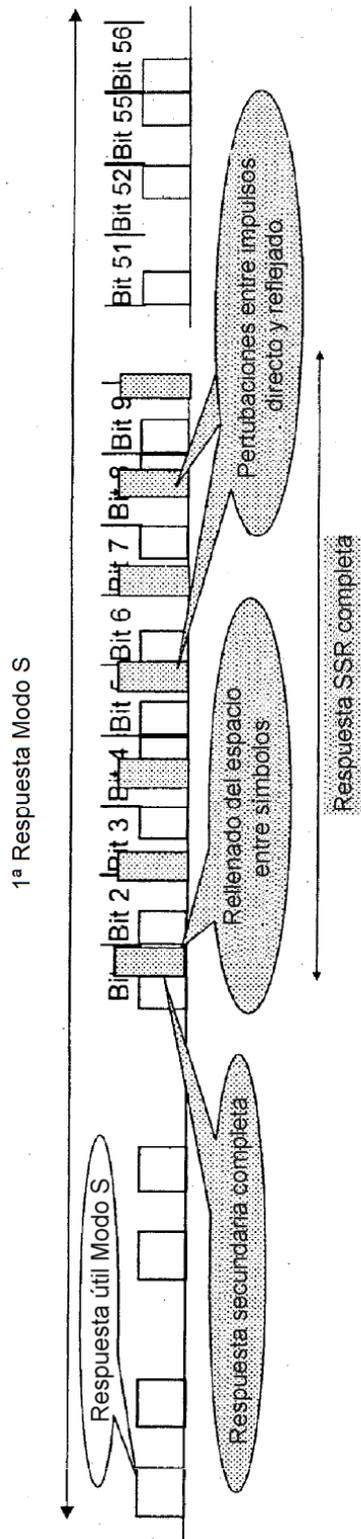


FIG.3

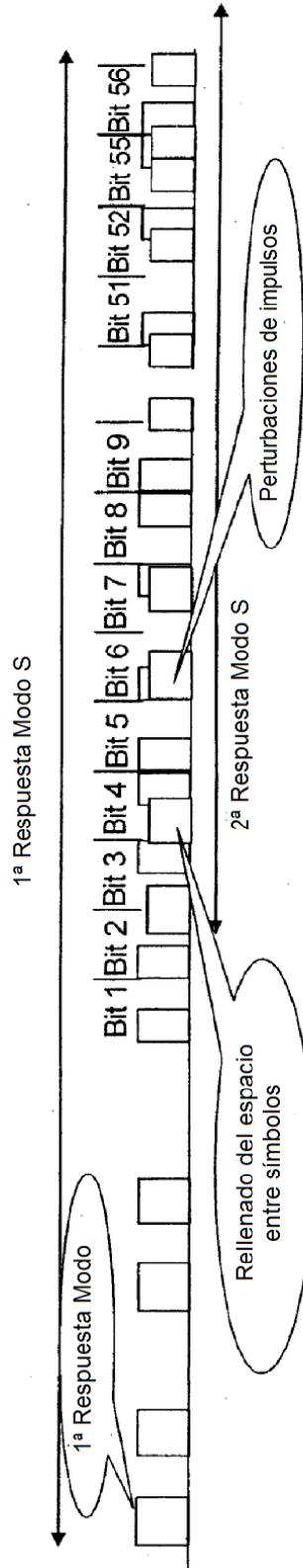


FIG.4

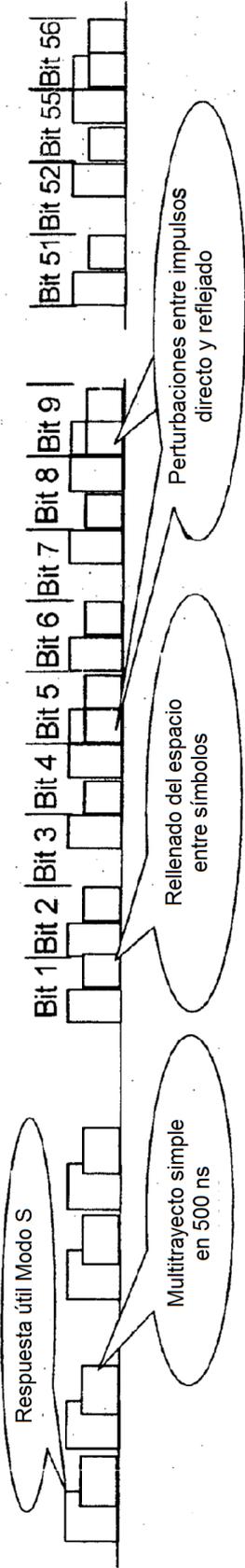


FIG.5

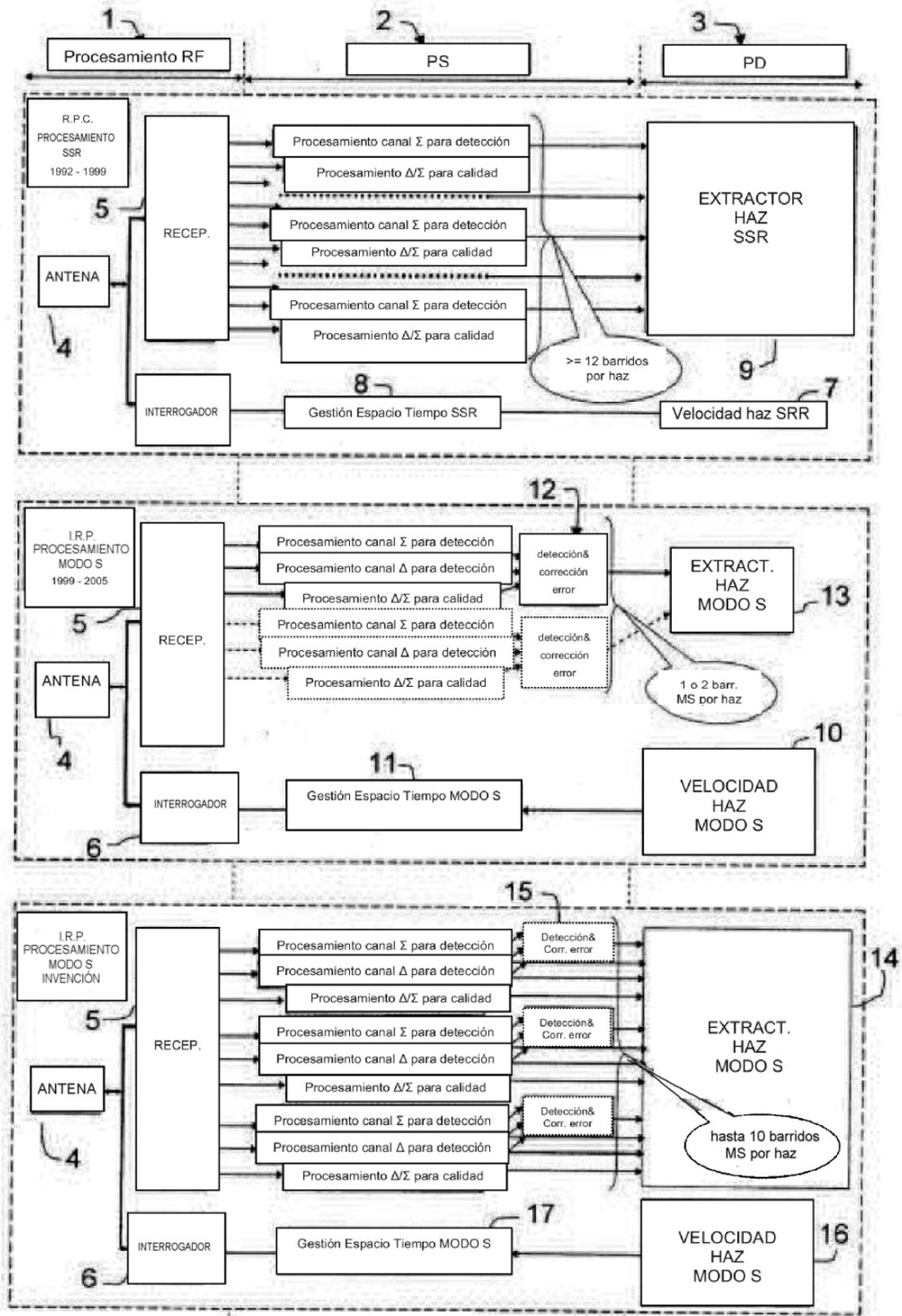


FIG.6

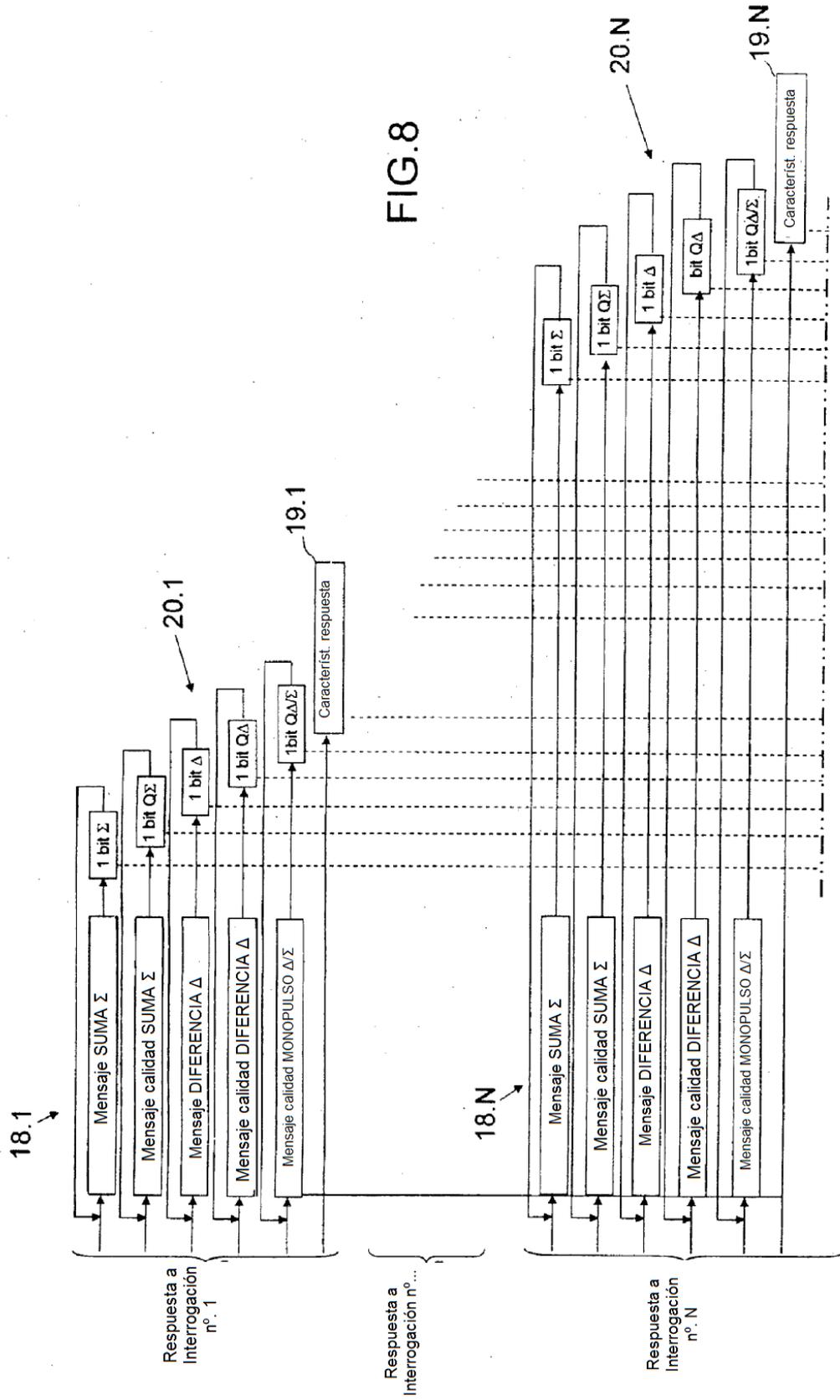


FIG. 8

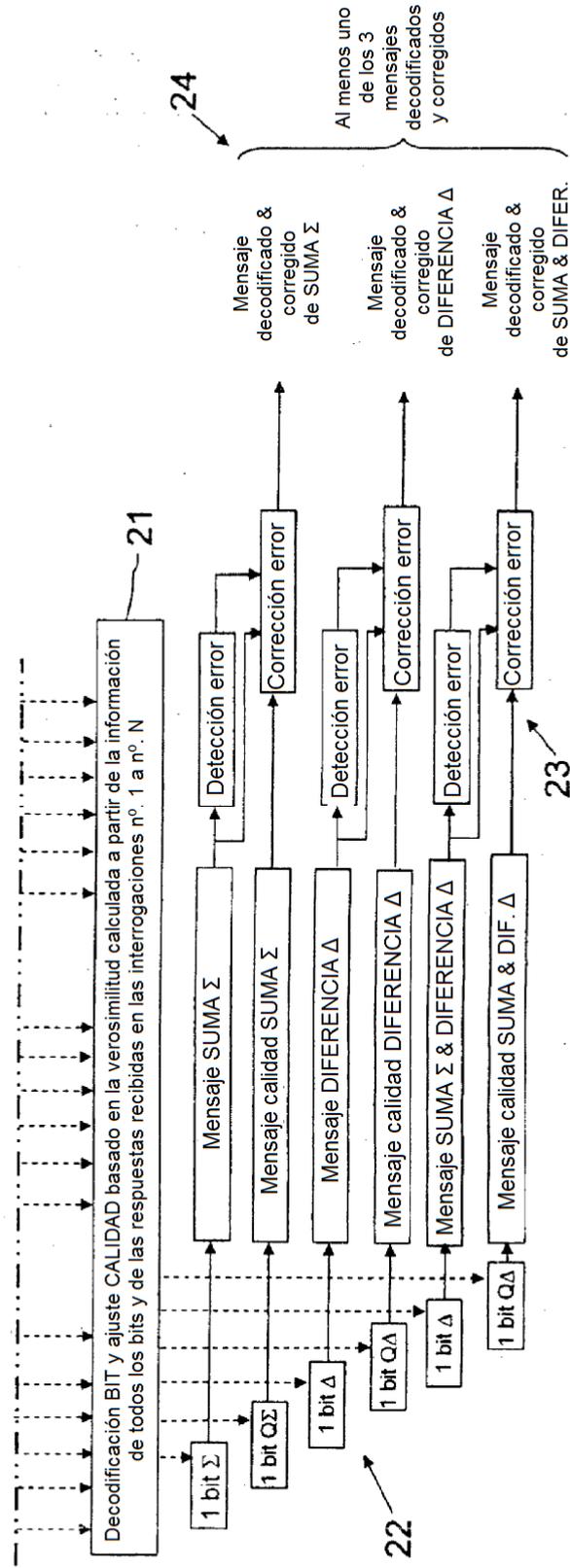


FIG.8 (continuación)