

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 883**

51 Int. Cl.:

H01Q 25/02 (2006.01)
H01Q 21/20 (2006.01)
H01Q 21/28 (2006.01)
G01S 3/46 (2006.01)
G01S 3/66 (2006.01)
H01Q 3/02 (2006.01)
G01S 3/40 (2006.01)
H01Q 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2012 E 12700068 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015 EP 2673651**

54 Título: **Dispositivo de recepción de banda ancha por autotransposición y aplicación a la detección y a la caracterización de emisiones radioeléctricas**

30 Prioridad:

10.02.2011 FR 1100409

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.06.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CORNIC, PASCAL;
JAHAN, DANIEL y
GARREC, PATRICK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 537 883 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

Dispositivo de recepción de banda ancha por autotransposición y aplicación a la detección y a la caracterización de emisiones radioeléctricas

5 La invención se refiere al campo general de los dispositivos de detección de señales electromagnéticas y, en particular, para aquellos que tienen un intervalo muy ancho de frecuencia de emisión a recibir, como por ejemplo los detectores de radares.

El funcionamiento de los dispositivos actuales de detección de señales electromagnéticas se basa, de manera conocida, en dos principios diferentes:

- 10 - la detección directa en banda muy ancha cuyo principio se ilustra por la figura 1,
- la recepción superheterodina en banda estrecha cuyo principio se ilustra por la figura 2.

15 La detección directa de banda muy ancha, en una banda que se extiende por ejemplo entre 2 y 18 GHz, presenta la ventaja de la simplicidad material. Su implementación es, por lo tanto, de un coste relativamente reducido. Por otro lado, permite, por principio, una visibilidad instantánea sobre el conjunto de la banda espectral de interés. En consecuencia la probabilidad de interceptar una señal es ventajosamente máxima. Sin embargo, el principal inconveniente de este principio es no presentar una selectividad en frecuencia, lo que se considera como penalizador en el caso de un funcionamiento en un entorno denso, es decir cargado de señales radioeléctricas de frecuencias diversas.

20 La recepción superheterodina tiene por característica esencial ser selectiva debido a la utilización de un filtro pasa banda, definido como que es notablemente más estrecho que la totalidad de la banda a cubrir (el filtro de frecuencia intermedia: FI). Para ello, esto implica la transposición de la señal a frecuencia intermedia.

25 A continuación, la cobertura total de la banda espectral de interés, 2 a 18 GHz por ejemplo, se realiza clásicamente barriendo ésta, pero en detrimento de la probabilidad de interceptar unas señales fugaces como unos impulsos. Para evitar esta contrariedad, sería necesario poner en paralelo tantos canales de recepción de este tipo como amplitud de banda de FI haya en la banda total a cubrir. Esto tendría como consecuencia directa incrementar de manera excesiva la complejidad material del funcionamiento de la recepción, y por tanto su coste. En consecuencia, en general no se ha realizado.

30 A continuación, la tendencia actual, cuando se utiliza un sistema de recepción superheterodino, es ampliar la banda pasante de FI y, con el fin de conservar la selectividad deseada, proceder a un análisis espectral en la banda de FI, mediante FFT (Fast Fourier Transform o transformada de Fourier rápida) por ejemplo. La probabilidad de interceptación continuará siendo sin embargo más reducida que en el caso de la recepción directa en banda ancha. Por otro lado, este principio de recepción en banda estrecha, que limita la banda de ruido de hiperfrecuencia, no mejora la sensibilidad más que en una medida modesta. Además, la multiplicación de las vías de recepción completa (receptor superheterodino y analizador espectral), para tratar en paralelo las señales procedentes muy frecuentemente de al menos cuatro antenas, tiene igualmente como consecuencia inducir una complejidad material y por tanto un coste elevado.

35 Estos dos tipos de recepción se asocian generalmente a unos dispositivos de antenas que presentan poca ganancia. El principio observado es generalmente cubrir una zona angular de 360° en orientación con un número de antenas limitado, de manera que principalmente se minimice el número de vías de recepción paralelas necesarias para tratar simultáneamente las señales que corresponden al frente de onda interceptado. Al ser el número de antenas reducido, se utilizan unas antenas que presentan una reducida directividad y por tanto una ganancia menor. Esta reducida ganancia de antena es en consecuencia perjudicial para la sensibilidad, en la que tiene una influencia directa, contrariamente a la reducción de la banda de ruido de hiperfrecuencia.

40 Para ciertas aplicaciones, es conocida igualmente la utilización de sistemas de recepción superheterodinicos que comprenden unas antenas giratorias de gran ganancia. Sin embargo la probabilidad de interceptación de tales sistemas permanece muy reducida. En efecto, la cobertura eficaz de la banda espectral de interés y de la abertura angular deseada, 360° en orientación por ejemplo, necesita proceder a un número significativo de barridos del espacio frecuencia-orientación.

45 También, de una manera general, los receptores no están verdaderamente adaptados a unas duraciones de las señales que puedan variar en un gran intervalo, lo que no les permite ser óptimos en términos de sensibilidad, en particular para unas formas de onda de potencia de cresta muy reducida, las formas de onda implementadas por las emisiones de tipo LPI (Low Probability of Intercept según la denominación anglosajona), por ejemplo, unas formas de onda de modulación de frecuencia lineal (es decir FMCW o Frequency Modulated Continuous Wave según la denominación anglosajona), o incluso unas formas de onda de modulación por codificación de fase.

Un documento FR 2 742 551 A1 divulga un dispositivo de recepción de señales electromagnéticas.

55 Un objeto de la invención es proponer un dispositivo de recepción alternativo, de banda pasante muy ancha, de muy

alta sensibilidad y de probabilidad de intercepción elevada. Otro objetivo de la invención es proponer un dispositivo de recepción ventajoso en términos de coste.

Con este fin la invención tiene por objeto un dispositivo de recepción de banda ancha, adaptado para la recepción de emisiones radioeléctricas de frecuencia central F_0 comprendida en una banda de frecuencias BH. El dispositivo según la invención comprende al menos:

- dos antenas idénticas de banda muy ancha de alta ganancia, directivas en al menos un plano, apuntando las dos antenas sustancialmente en la misma dirección, produciendo cada una de las antenas a partir de las emisiones captadas una señal radioeléctrica S1 o S2;
- una cadena de recepción que comprende dos osciladores locales coherentes en fase, de frecuencias respectivas F_1 y $F_2=F_1+F_I$ superiores a la frecuencia máxima de la banda BH, realizando dicha cadena de recepción la demodulación de las señales radioeléctricas S1 y S2 en una señal en frecuencia intermedia FI.

Según la invención, la señal en frecuencia intermedia se obtiene en dos etapas:

- demodulando inicialmente la señal S1 o la señal S2 mediante una señal respectivamente obtenida mediante transposición en frecuencia de la otra señal, la señal S2 o S1 respectivamente, por medio del oscilador local de frecuencia F_1 y seleccionando la banda lateral inferior del espectro obtenido. La señal demodulada obtenida se filtra por su parte de manera que no conserve más que la banda lateral superior del espectro obtenido tras la demodulación;
- trasponiendo a continuación a frecuencia intermedia, FI, la señal obtenida por demodulación de la señal S1 o S2 por medio del oscilador local de frecuencia $F_2=F_1+F_I$.

La señal en frecuencia intermedia así producida se centra sobre una frecuencia intermedia FI constante sea cual sea la frecuencia central F_0 de las señales recibidas.

La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo de recepción de banda ancha adaptado a la recepción de emisiones radioeléctricas de frecuencia central F_0 comprendida en una banda de frecuencias BH. El dispositivo según la invención comprende al menos:

- dos antenas idénticas de banda muy ancha de alta ganancia, directivas en al menos un plano, apuntando las dos antenas sustancialmente en la misma dirección, produciendo cada una de las antenas a partir de las emisiones captadas una señal radioeléctrica S1 o S2;
- una cadena de recepción que comprende dos osciladores locales, de frecuencias respectivas F_1 y $F_2=F_1+F_I$ superiores a la frecuencia máxima de la banda BH, realizando dicha cadena de recepción la demodulación de las señales radioeléctricas S1 y S2 en dos señales en frecuencia intermedia I_{1F_I} y Q_{2F_I} .

Según la invención, las dos señales en frecuencia intermedia se obtienen en dos etapas:

- demodulando de entrada cada una de las dos señales S1 o S2 mediante una señal Q_{S_2} o I_{S_1} respectivamente obtenida mediante transposición en frecuencia de la otra señal, la señal S2 o S1 respectivamente, por medio de una señal de frecuencia F_1 respectivamente en cuadratura de fase o en fase con el oscilador local de frecuencia F_1 y seleccionando la banda lateral inferior del espectro obtenido. Las señales demoduladas I1 y Q2 obtenidas son filtradas por su parte de manera que no conserven más que la banda lateral superior del espectro obtenido tras la demodulación;
- trasponiendo a continuación a frecuencia intermedia, FI, las señales I1 y Q2 obtenidas por demodulación de las señales S1 y S2 por medio del oscilador local de frecuencia $F_2=F_1+F_I$.

Las señales en frecuencia intermedia I_{1F_I} y Q_{2F_I} de ese modo producidas se centran en una frecuencia intermedia FI constante sea cual sea la frecuencia central F_0 de las señales recibidas.

Según un modo de realización del dispositivo según la invención, las antenas son contiguas y dispuestas según una configuración monopolso de fase, de tal manera que sus ejes de visión se dirijan en la misma dirección.

Según otro modo de realización del dispositivo según la invención, las antenas se disponen, según una configuración de antena monopolso de amplitud, de tal manera que sus centros de fase se sitúen en el mismo entorno, y que apunten en unas direcciones no paralelas, distintas una de la otra en un ángulo a igual a una parte de su apertura angular.

Según otro modo de realización del dispositivo según la invención, las antenas se disponen, según una configuración que forma una base de interferometría ambigua, de manera que estén separadas entre sí por un espacio y apunten en la misma dirección.

Según otro modo de realización del dispositivo según la invención, las antenas se disponen de manera que estén separadas entre sí y apunten en unas direcciones desfasadas la una con respecto a la otra en un ángulo correspondiente a una parte de la apertura angular.

- Según un modo de realización preferido del dispositivo según la invención, el conjunto de antenas es directivo en orientación.
- 5 Según otro modo de realización del dispositivo según la invención, el conjunto de antenas es móvil en rotación según un barrido mecánico alrededor de un eje vertical, de manera que cubre un sector angular inferior o igual a 360° en orientación.
- Según otro modo de realización preferido del dispositivo según la invención, cada antena está constituida por subredes independientes, que comprenden unas bandas de frecuencias adyacentes, cubriendo el conjunto de las subredes la totalidad de la banda de frecuencias BH a explorar.
- 10 Según una variante del modo de realización anterior, las antenas están constituidas por subredes dispuestas en un mismo plano vertical según unas columnas adyacentes formadas por subredes superpuestas.
- Según otra variante del modo de realización anterior, las antenas están constituidas por subredes dispuestas en unos planos verticales colocados espalda contra espalda.
- Según otra variante del modo de realización anterior, las antenas están constituidas por subredes dispuestas sobre las caras de un prisma de base poligonal móvil en rotación alrededor de un eje.
- 15 Según una variante preferida del modo de realización anterior, cada subred comprende una salida específica a la que se asocian unos medios de limitación, de amplificación y de filtrado.
- Según una variante preferida del modo de realización anterior, las salidas de las subredes que forman una misma antena se suman después de la amplificación y filtrado, para formar una salida única por antena.
- 20 Según otra variante del modo de realización anterior, cada subred está configurada de manera que se active o desactive independientemente de las otras subredes.
- La invención tiene igualmente por objeto un dispositivo de detección y de caracterización de emisiones radioeléctricas, adaptado a la recepción y a la caracterización de emisiones radioeléctricas de frecuencia central F_0 comprendida en una banda de frecuencias BH. Según la invención este dispositivo comprende al menos:
- 25 - un dispositivo de recepción de banda ancha según la invención utilizado para producir dos señales I_{F1} y Q_{2F1} en frecuencia intermedia;
- una cadena de tratamiento que comprende por su parte:
- unos medios de digitalización que realizan la conversión analógica-digital de las señales I_{F1} y Q_{2F1} ;
- unos primeros medios de tratamiento cuya función es efectuar, en la salida del dispositivo de recepción, después de la digitalización, un filtrado adaptado de las señales I_{F1} y Q_{2F1} digitalizadas;
- 30 - unos segundos medios de tratamiento cuya función es realizar por un lado la detección de una emisión por comparación del nivel de la señal recibida con un umbral de detección dado y por otro lado la medición de la duración y del periodo de repetición de la señal recibida a partir de su envolvente;
- unos terceros medios de tratamiento cuya función es realizar, en paralelo al tratamiento realizado por los segundos medios, a partir de las señales en FI I_{F1} y Q_{2F1} y después del muestreo y digitalización, una
- 35 medición de la frecuencia de la emisión detectada así como la medición de la orientación localizando la fuente de emisión, siendo realizada esta función por medición interferométrica entre las dos vías de recepción I_{F1} y Q_{2F1} después del filtrado adaptado.
- Según un modo de realización de este dispositivo, las salidas I_{F1} y Q_{2F1} del dispositivo de recepción se conectan después de la digitalización a la entrada de un filtro adaptado a la duración del impulso esperado más corto.
- 40 Según otro modo de realización de este dispositivo, las salidas I_{F1} y Q_{2F1} del dispositivo de recepción se conectan después de la digitalización a la entrada de un filtro adaptado al código de modulación esperado más corto.
- Según otro modo de realización de este dispositivo, los segundos medios de tratamiento realizan una detección cuadrática de la señal proporcionada por los filtros adaptados.
- 45 Según otro modo de realización de este dispositivo, los segundos medios de tratamiento realizan una auto-correlación de la envolvente efectuada sobre la señal obtenida por detección cuadrática.
- Según otro modo de realización de este dispositivo, la detección de una emisión se efectúa por comparación con un umbral de la señal recibida, después de la detección cuadrática.
- Según otro modo de realización de este dispositivo, la detección de una emisión se efectúa por comparación con un umbral de la señal recibida después de la detección cuadrática y la auto-correlación de la envolvente.
- 50 El dispositivo según la invención permite ventajosamente tratar una banda muy ancha de frecuencias con una sensibilidad elevada, utilizando unos medios simples y poco costosos.

Permite igualmente realizar la detección de señales de emisión continua o de factor de forma elevado, emitidas con unos niveles de potencia extremadamente reducidos.

5 Por otro lado, asociado a unos medios de tratamiento lineal que conservan la fase de la señal captada, el dispositivo según la invención permite ventajosamente constituir un dispositivo más grande, que permita medir la frecuencia de la señal emitida así como la posición angular de la fuente con una muy buena precisión.

Las características y ventajas de la invención se apreciarán mejor gracias a la descripción que sigue, descripción que se apoya en las figuras adjuntas que representan:

- las figuras 1 y 2, unas ilustraciones relativas a la técnica anterior;
- la figura 3, una representación esquemática del principio de la estructura de la antena del dispositivo según la invención;
- la figura 4 una representación esquemática de un primer modo de realización particular de la antena del dispositivo según la invención, presentando la antena dos caras radiantes;
- la figura 5, una representación esquemática de otro modo de realización particular de la antena del dispositivo según la invención, presentando la antena tres caras radiantes;
- la figura 6, una ilustración esquemática del principio de formación de las vías de recepción en una forma de realización preferida del dispositivo según la invención;
- la figura 7, una ilustración esquemática del dispositivo de recepción según la invención;
- la figura 8, una ilustración esquemática del principio de una cadena de tratamiento digital asociada al dispositivo según la invención;
- las figuras 9 y 10, unas ilustraciones relativas a los modos de realización particulares de la antena del dispositivo según la invención, tomados como ejemplos.

El texto que sigue describe las diferentes características del dispositivo según la invención así como la aplicación de este dispositivo a la realización de un sistema que asegura la detección de emisiones y la caracterización de las ondas que constituyen las emisiones detectadas, así como la localización de la fuente de las emisiones detectadas.

25 El dispositivo según la invención, comprende, en una combinación, varios medios que cooperan para resolver el problema planteado, a saber:

- al menos dos antenas idénticas, de gran ganancia, directivas en al menos un plano, en orientación por ejemplo. Estas antenas se disponen para recibir simultáneamente las señales procedentes del mismo emisor distante;
- unos medios que forman una cadena de recepción de banda ancha de las señales captadas por las antenas, señales cuya frecuencia central comprendida en una banda BH dada, es desconocida a priori. Estos medios se configuran de manera que demodulan la señal S1 captada por la primera antena mediante la señal S2 captada por la segunda antena, después de la transposición en frecuencia y demodulan la señal S2 captada por la segunda antena mediante la señal S1 captada por la primera antena, después de la transposición en frecuencia. Las señales demoduladas se transponen a continuación a frecuencia intermedia.

35 El dispositivo de recepción según la invención comprende de ese modo, en primer lugar, una base de interferometría constituida, como lo ilustra el esquema de principio de la figura 3, por al menos dos antenas directivas idénticas 31 y 32. Con el fin de obtener una selectividad elevada, el dispositivo según la invención asocia unas antenas de gran directividad en al menos un plano, a una cadena de recepción que realiza una auto-correlación de la señal recibida.

40 En un modo de realización preferido, que corresponde a la disposición de la figura 3, las dos antenas 31 y 32 son unas antenas planas colocadas de manera contigua en un mismo plano, y dispuestas de manera que sus ejes de visión sean paralelos y dirigidos en el mismo sentido. Esta configuración corresponde a aquella, bien conocida, de una antena monopolso de fase.

45 Sin embargo, según la variante de realización considerada, esas antenas se pueden disponer, en una configuración conocida de la antena monopolso de amplitud, de manera que presenten unos centros de fase situados en el mismo entorno, y a apuntar en unas direcciones no paralelas, distintas entre sí en un ángulo a igual a una parte de su apertura angular. Una disposición de ese tipo se puede realizar por ejemplo con una fuente multimodos colocada en el foco de un reflector parabólico.

Alternativamente aún, las antenas pueden disponerse también de manera que estén separadas entre sí (antenas no adyacentes) y miren en la misma dirección, lo que corresponde a una configuración de interferómetro ambiguo.

50 Alternativamente aún, las antenas pueden disponerse también de manera que estén separadas entre sí (antenas no adyacentes) y miren en unas direcciones desfasadas la una con respecto a la otra en un ángulo que corresponde a una parte de la apertura angular.

55 Alternativamente finalmente, la cobertura angular puede obtenerse igualmente asociando una pluralidad de antenas idénticas 51, dispuestas sobre las caras de un prisma de base poligonal, girando alrededor de su eje de simetría vertical, como se ilustra esquemáticamente por la figura 5.

Según una forma de realización preferida, como lo ilustran particularmente las figuras 4 y 5, cada una de las dos antenas 41, 42 está constituida por varias subredes 43 destinada cada una a una sub-banda particular de la banda de frecuencias total BH de las emisiones que se busca detectar. Cada subred se configura así para recibir las señales en una parte limitada de la banda BH. Una configuración de ese tipo permite ventajosamente desactivar, si es necesario, ciertas de tales subredes para evitar la perturbación causada por unas señales consideradas indeseables.

Según la invención, las subredes se reparten en un plano vertical, yuxtapuestas de un lado y otro de un eje de simetría vertical, de tal manera que sus diagramas de radiación se dirijan del mismo lado del plano. Cada una de las antenas presenta de ese modo, como lo ilustra la figura 3, un único plano radiante.

Alternativamente, en una configuración espalda con espalda, las subredes 43 se pueden colocar en un plano vertical, teniendo una mitad de las subredes un diagrama de radiación dirigido a un lado del plano y teniendo la otra mitad un diagrama dirigido del otro lado opuesto. En este caso, cada una de las antenas presenta, como lo ilustra la figura 4, dos caras radiantes espalda con espalda. Una configuración de ese tipo permite ventajosamente disminuir la altura del conjunto.

Alternativamente aún, se pueden realizar unas configuraciones geométricas más complejas de disposición de las subredes 43, tales como la ilustrada por la figura 5, para unas aplicaciones particulares.

Según un modo de realización preferido de la invención, modo de realización que corresponde al caso más general, las antenas son móviles alrededor de un eje de rotación de manera que cubran un campo angular inferior o igual a 360° en orientación, mediante barrido mecánico. La antena permite de ese modo ventajosamente asegurar una vigilancia sobre un sector angular ancho en el plano horizontal (o plano de orientación).

Por otro lado, en función de la aplicación diseñada, las antenas se pueden accionar de manera que adopten un movimiento de rotación continua, según un sentido de rotación constante, o bien de manera alternada, en un sentido de rotación dado y posteriormente en el sentido inverso.

Así, por ejemplo, para una banda de análisis BH comprendida entre 8 y 18 GHz, el dispositivo según la invención puede comprender dos antenas constituidas cada una por cuatro subredes según el reparto en frecuencia siguiente:

- subred 1: frecuencia central $F_0=9$ GHz, $AF_0=2$ GHz;
- subred 2: frecuencia central $F_1=11,125$ GHz, $AF_1=2,25$ GHz;
- subred 3: frecuencia central $F_2=13,625$ GHz, $AF_2=2,75$ GHz;
- subred 4: frecuencia central $F_3=16,5$ GHz, $AF_3=3$ GHz.

Desde un punto de vista de realización, las diferentes subredes que constituyen la antena pueden realizarse de diferentes maneras conocidas. Con el fin de limitar los costes de realización, estas subredes pueden realizarse ventajosamente en tecnología de circuito impreso.

Desde un punto de vista funcional, según un modo de realización preferido del dispositivo según la invención, cada subred 43 dispone, como lo ilustra la figura 6, de una salida que le es propia, y que está conectada a un dispositivo de salida que comprende unos circuitos específicos de limitación 61, de amplificación de bajo ruido 62, y de filtrado 63.

A continuación, tras la amplificación y filtrado en radiofrecuencia, las salidas de las diferentes subredes de cada antena se suman 64, de manera que después del reagrupamiento de las vías, cada una de las antenas no comprenda más que una única vía de recepción que proporciona una señal S1 o S2.

Alternativamente, en una variante de realización más limitada, la suma de las vías que corresponden a las diferentes subredes se puede realizar antes de la amplificación.

En una forma de realización preferida el dispositivo de salida de cada una de las subredes se configura de manera que haga posible la activación de una parte de las subredes, incluso de una única subred. Se pueden así incrementar ventajosamente la capacidad de discriminación y la sensibilidad del dispositivo en una sub-banda dada limitando el ruido en la potencia de ruido recibida por el receptor y eventualmente eliminando unas señales no deseadas. Esto se puede hacer simplemente previendo unos medios para cortar la alimentación de los circuitos de amplificación de bajo ruido (LNA) 62, con la ayuda de un conmutador de diodos por ejemplo.

El dispositivo de retención según la invención comprende en segundo lugar unos medios que forman una cadena de recepción de banda ancha de las señales captadas por las antenas. Como ya se ha dicho anteriormente, estas señales tienen un espectro centrado en una frecuencia central F_0 desconocida a priori, comprendida en la banda BH considerada. Estos medios tienen por función demodular, una mediante la otra, la señal S1 recibida por una de las antenas que constituyen la base de interferometría y la señal S2 recibida por la otra antena, lo que se convierte en realizar una auto-transposición de la señal recibida.

Según la invención, la demodulación se realiza preferentemente mediante formación de señales transpuestas en frecuencia a partir de las señales captadas S1 y S2, y la mezcla de las señales transpuestas en frecuencia, siendo transpuestas las señales recibidas S1 y S2 alrededor de frecuencias diferentes, de manera que el intervalo entre las dos señales transpuestas genere una señal centrada sobre una frecuencia intermedia FI predefinida. Esta doble transposición en frecuencia permite ventajosamente garantizar una sensibilidad óptima del receptor del dispositivo según la invención frente al ruido, y superar unas tensiones continuas de desviación (offsets) que podrían limitar la dinámica de recepción.

La figura 7 presenta de manera esquemática, a modo de ejemplo, un modo de realización preferido del dispositivo según la invención. El esquema de la figura 7 detalla principalmente los diferentes elementos que componen principalmente la cadena de recepción que permite realizar la auto-transposición de la señal recibida.

Según este modo de realización, la auto-transposición consiste en una demodulación de amplitud-fase. La señal en frecuencia intermedia producida es una señal compleja que comprende dos componentes en cuadratura de fase, una señal I1_{FI} (componente real) real y una señal Q2_{FI} (componente imaginaria). Las dos señales I1_{FI} y Q2_{FI} son producidas por dos cadenas análogas separadas.

Con este fin, la función de auto-transposición se forma por ejemplo con dos vías idénticas desfasadas en $\pi/2$, relativamente entre sí, siendo mezcladas las señales radioeléctricas S1 y S2, en la salida del receptor de hiperfrecuencia, en dos señales de referencia en cuadratura de fase producidas mediante un primer oscilador local 77 de frecuencia F1.

De ese modo, tras la amplificación y filtrado pasa banda 71, la señal radioeléctrica S1 recibida por la primera antena, de frecuencia F₀ desconocida, se demodula en la primera etapa del mezclador 72 mediante un primer oscilador local 77 de frecuencia F₁ para dar nacimiento, después del filtrado pasa banda 73 y eventualmente la amplificación, a una señal I_{S1} de frecuencia F₁-F₀.

De manera análoga, la segunda antena recibe una señal de radio S2 de frecuencia F₀ idéntica a la frecuencia de la señal S1, pero desfasada con respecto a ésta con un desfase $\Delta\Phi$ que es función de la dirección angular θ de llegada de la señal. Este desfase se da por la relación siguiente:

$$\Delta\Phi = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot F_0 \cdot \text{sen}(\theta) / c,$$

en la que c representa la velocidad de la luz y d la distancia entre los centros de las fases de las dos antenas.

Después de la amplificación y filtrado pasa banda 71, la señal S2 se demodula, de manera análoga a la señal S1, en un primera etapa de mezclador 74 mediante el oscilador local 77 a la frecuencia F₁, desfasada en $\pi/2$, para dar nacimiento después del filtrado pasa banda 73 y eventualmente amplificación, a una señal Q_{S2} de frecuencia F₁-F₀.

Después de una primera transposición 72, la señal I_{S1}, de frecuencia F₁-F₀, se demodula mediante la señal S2 de frecuencia F₀ en una segunda etapa de mezclador 75 para dar lugar, eventualmente después del filtrado, a la señal I1 de frecuencia F₁.

De manera análoga, después de una primera transposición 74, la señal Q_{S2}, de frecuencia F₁-F₀, se demodula mediante la señal S1 de frecuencia F₀ en una segunda etapa de mezclador 76 para dar lugar, eventualmente después del filtrado, a la señal Q2 de frecuencia F₁.

Se ha de hacer notar de que esta segunda etapa de mezclador 75 o 76 efectúa una transposición en frecuencia hacia las frecuencias más elevadas, de manera que la diferencia de fase $\Delta\Phi$ entre las señales S1 y S2 genera una diferencia de fase $2\Delta\Phi-\pi/2$ entre las señales I1 y Q2 en la salida de los mezcladores 75 y 76. Esta transposición en frecuencia hacia arriba es una condición indispensable para no eliminar la diferencia de fase $\Delta\Phi$ en el dispositivo.

Las señales I1 y Q2 son demoduladas a su vez a continuación en un tercera etapa de mezclador 712, 713 mediante un segundo oscilador local 711, de frecuencia F=F₂+F₁, para producir dos señales I1_{FI} y Q2_{FI}, centradas en la frecuencia FI.

Las dos señales I1_{FI} y Q2_{FI}, así producidas están desfasadas entre sí en $4 \cdot \pi \cdot d \cdot F_0 \cdot \text{sen}(\theta)/c-\pi/2$, siendo θ un ángulo función de la dirección de llegada de la señal y unas direcciones θ_1 y θ_2 de apuntado de las antenas.

Se ha de hacer notar que para obtener un funcionamiento satisfactorio del dispositivo de recepción según la invención, la parte de hiperfrecuencia del dispositivo según la invención, constituida por los elementos aguas arriba de la primera etapa de mezclador principalmente, presenta las características técnicas siguientes

- las antenas 78 y 79 utilizadas tienen una ganancia grande, típicamente de 20 a 30 dB, de manera que la relación señal a ruido sea suficiente en la entrada de la auto-transposición. Una ganancia de ese tipo es posible por ejemplo con unas antenas constituidas por subredes de bandas limitadas, yuxtapuestas;
- la banda de recepción de cada una de las subredes de antena se limita mediante filtrado, de manera que se evite recibir unas señales por encima de la banda útil para la que no está adaptada;

- las señales S1 y S2 producidas por las dos antenas se amplifican con una ganancia suficiente para que el nivel de inyección de la señal de hiperfrecuencia considerada, S1 o S2, en las entradas "oscilador local" de las etapas de mezcladores 75 y 76 permita la saturación de los diodos de mezcla que constituyen los mezcladores y esto, sea cual sea el nivel de la señal útil S1, o S2 en la entrada del receptor. Típicamente, este nivel es del orden de 10 dBm. En la práctica, la ganancia de amplificación de hiperfrecuencia se define para que en presencia de solo ruido, se alcance el nivel de saturación de las etapas de los mezcladores. Se utilizará para hacer esto, por ejemplo, un amplificador limitado para alimentar la entrada OL (es decir Oscilador Local) de los mezcladores;
- la frecuencia del oscilador local de la etapa de transposición a frecuencia intermedia FI se elige de manera que sea superior al valor de la banda de recepción de hiperfrecuencia BH, de manera que se evite el solapamiento del ruido en esta banda. De ese modo, a título de ejemplo, para una banda de recepción BH comprendida entre 8 y 18 GHz, se podrá elegir $F_1 = 22$ GHz y $F_2 = 24$ GHz;
- la auto-transposición efectuada, en unas etapas mezcladoras 75 y 76, para asegurar la auto-demodulación compleja de la señal recibida se realiza seleccionando mediante filtrado, en la salida de estos mezcladores la señal que corresponde a la conversión en frecuencia hacia arriba (F1).

El funcionamiento del dispositivo de recepción según la invención se basa así en la auto-transposición y la auto-correlación de las señales captadas de manera síncrona mediante al menos dos antenas directivas, señales procedentes de la misma fuente de emisión que ilumina simultáneamente las dos antenas. A continuación todas las señales recibidas se encuentran ventajosamente transpuestas alrededor de la misma frecuencia en un mismo receptor de banda estrecha, sea cual sea su frecuencia de origen.

Ventajosamente, este receptor se adapta de ese modo, por principio, a la detección de las señales recibidas, cualesquiera que sean sus características de forma de onda y de frecuencia, y los rendimientos obtenidos se aproximan a los que se obtienen en un receptor de radar ideal.

En lo que concierne a la antena utilizada por el dispositivo según la invención se ha de hacer notar de que el conjunto del dispositivo de antenas puede igualmente, cuando las circunstancias lo permitan, colocarse por detrás de una antena de radar existente, aprovechando el mecanismo de rotación de ésta.

De manera análoga, el conjunto de los circuitos electrónicos que constituyen el dispositivo según la invención se puede colocar en posición giratoria, solidaria con el panel radiante.

Se ha de hacer notar por otro lado de que, en el caso de que el dispositivo según la invención esté asociado a un radar de largo alcance que comprenda una antena de tipo "mosaico", el dispositivo según la invención se puede instalar en la parte de atrás del radar de mosaico. De esta manera, es posible disponer unas superficies de antenas giratorias de grandes dimensiones que permiten unas ganancias de antena grandes y por lo tanto una gran sensibilidad. Es posible así en consecuencia Una detección de señales de potencia muy reducida, lo que puede permitir mejorar el alcance.

Son igualmente posibles unas soluciones con antenas ajustadas.

Se ha de hacer notar finalmente de que, aunque el conjunto del dispositivo según la invención haya sido descrito en el texto que antecede como destinado a tratar las emisiones recibidas formando dos señales I_{FI} y Q_{FI} en frecuencia intermedia, en cuadratura de fase la una con respecto a la otra, es por supuesto posible concebir un dispositivo simplificado configurado para no formar y no tratar más que una única vía, la vía I_{FI} por ejemplo. Sin embargo, en el caso particular en el que se utiliza una única vía para no producir más que una única señal en frecuencia intermedia I_{FI} (o Q_{FI}), el buen funcionamiento del dispositivo implica que los dos osciladores locales, a F_1 y $F_2 = F_1 + FI$, deben ser coherentes en fase.

Una simplificación de ese tipo se traduce ventajosamente en una división por 2 del número de circuitos electrónicos necesarios. Por el contrario se traduce igualmente en una pérdida de sensibilidad de 3 dB.

El dispositivo de recepción según la invención tal como se ha descrito en el texto que antecede puede ser implementado evidentemente en diferentes tipos de aplicaciones. En lo que sigue de la descripción se presenta, a título de ejemplo no limitativo, una aplicación en la que el dispositivo según la invención se asocia a unos medios de tratamiento para formar un dispositivo más amplio que permita detectar unas emisiones efectuadas por una fuente no conocida así como caracterizar estas emisiones y localizar la fuente. El esquema funcional del dispositivo se representa mediante la yuxtaposición de los esquemas de las figuras 6 y 7, estando unidas las salidas I_{FI} y Q_{FI} del dispositivo de detección según la invención representado en la figura 7, a las entradas I_{FI} y Q_{FI} de los medios representados en la figura 8.

Con este fin, el dispositivo de detección y de caracterización de emisiones radioeléctricas considerado asocia el dispositivo de recepción de banda ancha 70 según la invención a una cadena de tratamiento 80, ilustrada por la figura 8, que comprende los medios siguientes:

- unos medios de digitalización 81, 82 para digitalizar las señales I_{FI} y Q_{FI} producidas por el dispositivo de referencia según la invención;
- unos primeros medios de tratamiento digital que realizan un filtrado de las señales digitalizadas mediante un filtro

adaptado a la forma de la señal esperada. Este filtro puede, según el tipo de modulación de la onda emitida, adaptarse a la duración del impulso más corto esperado o incluso a la duración de modulación más corta.

Se ha de hacer notar de que, en el caso de que se tenga interés en unas señales de naturaleza diversa, es posible implementar en paralelo, como lo ilustra la figura 8, varios filtros 83, 84 que tienen unas bandas pasantes diferentes:

- 5 - unos segundos medios de tratamiento 87 cuya función es realizar por un lado la detección de una emisión y por otro lado la medición de la duración y del periodo de repetición de la señal correspondiente;
- unos terceros medios de tratamiento 811 cuya función es realizar en paralelo al tratamiento de detección 87, la medición de la frecuencia de la emisión radioeléctrica captada y la determinación de la orientación de la fuente en el origen de la emisión detectada.

10 Los primeros medios de tratamiento tienen por función realizar, en la salida del dispositivo de recepción, una etapa de filtrado 83 adaptada al impulso más corto esperado en el caso de la emisión de pulsos, o una etapa 84 adaptada a la duración del código de modulación más corto esperado en el caso de una emisión LPI. La etapa de filtrado así implementada permite ventajosamente optimizar la sensibilidad del dispositivo.

15 En una forma de realización particular el dispositivo de detección de emisiones considera en cascada dos etapas de filtrado, por ejemplo, una primera etapa 83 de ancho de banda $B_v = 6$ MHz adaptado a unos impulsos de amplitudes mínimas del orden de $0,3 \mu s$, y una segunda etapa 84 de ancho de banda $B_v = 10$ kHz, adaptada a unas señales codificadas, teniendo el código más corto esperado una duración de $100 \mu s$.

20 De manera preferente, como se ilustra mediante la figura 8, el filtrado aplicado se realiza en forma digital, después del muestreo y codificación 81, 82 de las señales I_{F1} y Q_{2F1} proporcionadas por el dispositivo de recepción según la invención ilustrado por la figura 7. El filtrado de las señales en forma digital permite ventajosamente adaptar fácilmente la banda pasante del filtro (o de los filtros) a las señales consideradas, en función del contexto, o generar varios filtros de características diferentes en paralelo, correspondiendo las señales obtenidas a otras tantas formas de onda diferentes, tratadas por separado.

25 Los segundos medios de tratamiento 87 tienen como función realizar por un lado la detección de una emisión y por otro lado la medición de la duración y del periodo de repetición de esta emisión modulada por impulsos, siendo realizadas estas mediciones sobre la envolvente de la señal. La señal recibida se representa en este caso por el cuadrado de su módulo después de la detección cuadrática 85 u 86.

La envolvente de la señal se obtiene a su vez mediante aplicación de una detección cuadrática 85, 86, sobre las salidas del filtro adaptado 83, 84 (o de los filtros adaptados) y la determinación, mediante correlación deslizante.

30 Según el tipo de emisión considerado, la detección de la emisión se realiza, como lo ilustra la figura 8, o bien sobre el módulo de la señal obtenida después de la detección cuadrática 85, 86, o bien sobre la envolvente de esta señal obtenida tras la aplicación de un tratamiento previamente a la auto-correlación 88, 89 de esta señal. Realizar la detección de la emisión sobre la envolvente de la señal permite ventajosamente reforzar la sensibilidad de detección, principalmente para las señales que proceden de emisiones LPI y, en todos los casos, incrementar la selectividad temporal del tratamiento y estimar la duración del período de recurrencia de los impulsos. La función de correlación aplicada a la señal tiene, de manera clásica, por expresión:

35

$$C(k) = \sum_{i=1}^N x(i) x(i+k)$$

En la que, de manera conocida, x representa en este caso la señal, i su índice temporal y k el índice del retardo considerado.

40 Los terceros medios de tratamiento 814 tienen por función realizar en paralelo con el tratamiento de detección, a partir de las señales de F_1 , I_{F1} y Q_{2F1} , y después del muestreo y digitalización, una medición de la orientación y de la frecuencia central F_0 de la señal radioeléctrica captada. Estas mediciones se realizan mediante interferometría entre las dos vías de recepción I_{F1} y Q_{2F1} después del filtrado adaptado, de acuerdo, por ejemplo, con el procedimiento descrito en la solicitud de patente francesa N° 1100337 presentada por el solicitante el 03/02/2011, como se ilustra en la figura 8. Según la invención, esta medición se efectúa en cada detección de impulso y es desencadenada por el tratamiento de detección 87.

45

Las diferentes informaciones producidas por el dispositivo de detección y de caracterización de emisiones, tanto como por los segundos medios de tratamiento (detecciones) como por los terceros medios de tratamiento (medición de frecuencia y localización en orientación) se destinan a ser transmitidas a unos medios de explotación, de clasificación de las emisiones detectadas, que pueden a su vez transmitir las después del acondicionamiento a una interfaz hombre máquina cuyo papel es el de presentar a un operador las características globales de las emisiones detectadas, por ejemplo: la duración del impulso, el periodo de repetición, la frecuencia F_0 de la emisión, y la posición angular de la fuente (lista no limitativa).

50

Se ha de hacer notar de que las características principales de los diferentes elementos que componen el dispositivo de recepción según la invención (compárese con la figura 7) y los que componen los medios de tratamiento asociados (compárese con la figura 8) se determinan mediante las emisiones que se busca detectar. De ese modo, por ejemplo, si se busca realizar un dispositivo que permita detectar unas emisiones en un intervalo de frecuencias comprendido entre 2 y 18 GHz se puede, por ejemplo, implementar un dispositivo de detección, de acuerdo con la figura 7, que presente en particular las características técnicas siguientes:

- utilización de una antena de tipo monopulso de fase de gran ganancia, típicamente 20 dB, colocada sobre un eje de rotación. Una antena de ese tipo puede comprender por ejemplo, como se ilustra mediante la figura 9, dos paneles 91 y 92, yuxtapuestos en un mismo plano, que definen dos vías de recepción S1 y S2. Cada panel está constituido por cuatro subredes 93, cubriendo cada una de las subredes una parte de la banda de recepción total (2-18 GHz) según el reparto de frecuencias y las dimensiones típicas presentadas en la figura 9 por ejemplo. Después del filtrado, limitación y amplificación, las salidas de las diferentes subredes 93 de cada una de las antenas 91 o 92 se suma, dando una vía de hiperfrecuencia única por antena. Alternativamente, las dos antenas 1001 y 1002 pueden estar constituidas por subredes 93 reagrupadas de dos en dos y colocadas sobre dos paneles colocados espalda con espalda con el fin de reducir la altura del conjunto, como lo representa la figura 10;
- utilización para la recepción de dos osciladores de referencia cuyas frecuencias son respectivamente iguales a $F_1 = 24$ GHz y $F_2 = 22$ GHz. En la salida del receptor, se dispone de dos vías demoduladas I_{1F_1} y Q_{2F_1} , desfasadas relativamente entre sí, cuya frecuencia central es igual a 2 GHz (diferencia de frecuencia entre los dos osciladores locales de referencia utilizados) y cuya banda pasante está por otro lado limitada mediante filtrado, a 50 MHz por ejemplo.

Este dispositivo de detección puede asociarse además a unos medios de digitalización, de filtrado adaptado y de tratamiento digital, de acuerdo con la figura 8, que presentan en particular las características técnicas siguientes:

- las señales de FI obtenidas, I_{1F_1} y Q_{2F_1} , se digitalizan, mediante los convertidores analógico-digitales 81 y 82, con una frecuencia de muestreo de 100 MHz por ejemplo;
- las señales digitalizadas se filtran mediante dos filtros 83 y 84 de banda pasante correspondiente respectivamente a la amplitud de banda de impulso esperada más corta, y al código de fase o de frecuencia esperada más corto para las emisiones LPI, unas bandas respectivamente iguales a 6 MHz y 10 kHz por ejemplo;
- a las salidas de estos filtros, se efectúan los tratamientos de detección de emisiones de pulsos y los de emisiones continuas, de tipo LPI por ejemplo, siguiendo unos principios semejantes, con unas regulaciones diferentes, adaptadas a cada una de las configuraciones:
 - detección cuadrática I^2+Q^2 : 85, 86;
 - diezmado, típicamente sobre 0,3 μ s;
 - Correlación de envolvente, típicamente sobre un tiempo de 1 ms sobre la vía de impulsos, y sobre 50 ms en la vía LPI: 88 y 89;
 - detección por comparación con un umbral adaptado: 811 y 812;
 - estimación 813 de las duraciones de impulso y de los períodos de repetición.

Se ha de hacer notar que de manera análoga a lo que pasa para el dispositivo de recepción según la invención, el conjunto de los circuitos electrónicos que constituyen los medios de tratamiento se puede colocar cuando esto es posible, en posición giratoria, solidaria con el panel radiante. Alternativamente, es posible igualmente separar el dispositivo de detección de emisiones en dos elementos, un subconjunto constituido por el dispositivo de recepción según la invención (compárese con la figura 7) solidario con la antena en rotación, y un subconjunto constituido por los medios de digitalización y de tratamiento digital (compárese con la figura 8) separado en la parte fija. En este último caso, la transferencia de las señales entre los dos subconjuntos se puede realizar con la ayuda de una junta giratoria, eventualmente de tecnología óptica.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (70) de recepción de banda ancha, adaptado para la recepción de emisiones radioeléctricas de frecuencia central F_0 comprendida en una banda de frecuencias BH, comprendiendo dicho dispositivo al menos:

- 5 - dos antenas (78, 79) idénticas de banda muy ancha de alta ganancia, directivas en al menos un plano, apuntando las dos antenas sustancialmente en la misma dirección, produciendo cada una de las antenas a partir de las emisiones captadas una señal radioeléctrica S1 o S2;
- una cadena de recepción que comprende dos osciladores locales coherentes en fase, de frecuencias respectivas F1 y $F_2=F_1+F_I$ superiores a la frecuencia máxima de la banda BH, realizando dicha cadena de recepción la demodulación de las señales radioeléctricas S1 y S2 en una señal en frecuencia intermedia FI;

10 **caracterizado porque** la señal en frecuencia intermedia se obtiene en dos etapas:

- 15 - demodulando inicialmente la señal S1 o la señal S2 mediante una señal obtenida respectivamente mediante transposición en frecuencia de la otra señal, la señal S2 o S1 respectivamente, por medio del oscilador local de frecuencia F1 y seleccionando la banda lateral inferior del espectro obtenido; siendo filtrada por su parte la señal demodulada obtenida de manera que no conserve más que la banda lateral superior del espectro obtenido tras la demodulación;
- trasponiendo a continuación a frecuencia intermedia, FI, la señal obtenida por demodulación de la señal S1 o S2 por medio del oscilador local de frecuencia $F_2=F_1+F_I$;

estando la señal en frecuencia intermedia producida centrada sobre una frecuencia intermedia FI constante sea cual sea la frecuencia central F_0 de las señales recibidas.

20 2. Dispositivo (70) de recepción de banda ancha adaptado para la recepción de emisiones radioeléctricas de frecuencia central F_0 comprendida en una banda de frecuencias BH, comprendiendo dicho dispositivo al menos:

- 25 - dos antenas (78, 79) idénticas de banda muy ancha de alta ganancia, directivas en al menos un plano, apuntando las dos antenas sustancialmente en la misma dirección, produciendo cada una de las antenas a partir de las emisiones captadas una señal radioeléctrica S1 o S2;
- una cadena de recepción que comprende dos osciladores locales, de frecuencias respectivas F1 y $F_2=F_1+F_I$ superiores a la frecuencia máxima de la banda BH, realizando dicha cadena de recepción la demodulación de las señales radioeléctricas S1 y S2 en dos señales en frecuencia intermedia I_{1F_I} y Q_{2F_I} ;

caracterizado porque las dos señales en frecuencia intermedia I_{1F_I} y Q_{2F_I} se obtienen en dos etapas:

- 30 - demodulando inicialmente cada una de las dos señales S1 o S2 mediante una señal Q_{S_2} o I_{S_1} obtenida respectivamente, mediante transposición (72, 74) en frecuencia de la otra señal, la señal S2 o S1 respectivamente, por medio de una señal de frecuencia F1 respectivamente en cuadratura de fase o en fase con el oscilador local (77) de frecuencia F1 y seleccionando la banda lateral inferior del espectro (73) obtenido; las señales demoduladas I1 y Q2 obtenidas son a su vez filtradas, de manera que no conserve más que la banda lateral superior del espectro obtenido tras la demodulación;
- 35 - trasponiendo a continuación a frecuencia intermedia, FI, las señales I1 y Q2 obtenidas por demodulación de las señales S1 y S2 (712, 713) por medio del oscilador local (711) de frecuencia $F_2=F_1+F_I$;

estando las señales en frecuencia intermedia I_{1F_I} y Q_{2F_I} centradas en una frecuencia intermedia FI constante sea cual sea la frecuencia central F_0 de las señales recibidas.

40 3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** las antenas (78, 79) son unas antenas contiguas dispuestas según una configuración monopolso de fase, de tal manera que sus ejes de visión se dirijan en la misma dirección.

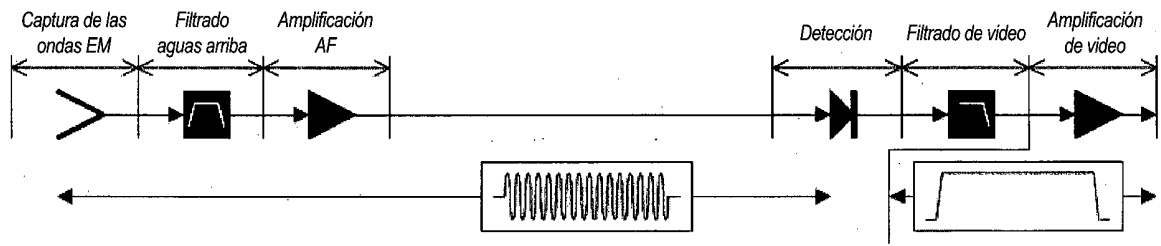
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** las antenas (78, 79) se disponen, según una configuración de antena monopolso de amplitud, de tal manera que sus centros de fase se sitúen en el mismo entorno, y que apunten en unas direcciones no paralelas, distintas una de la otra en un ángulo α igual a una parte de su apertura angular.

5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** las antenas (78, 79) se disponen, según una configuración que forma una base de interferometría ambigua, de manera que estén separadas entre sí por un espacio y apunten en la misma dirección.

6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** las antenas (78, 79) se disponen de manera que estén separadas entre sí y apunten en unas direcciones desfasadas la una con respecto a la otra en un ángulo correspondiente a una parte de la apertura angular.

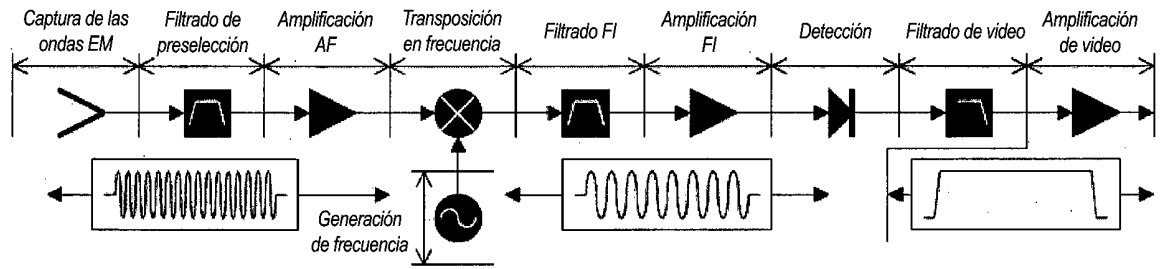
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el conjunto de antenas (78, 79) es directivo en orientación.

8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el conjunto de antenas (31, 32) es móvil en rotación según un barrido mecánico alrededor de un eje (33) vertical, de manera que cubra un sector angular inferior o igual a 360° en orientación.
- 5 9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada antena (41, 42) está constituida por subredes (43) independientes, que cubren unas bandas de frecuencias adyacentes, cubriendo el conjunto de las subredes la totalidad de la banda de frecuencias BH a explorar.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** cada subred (43) está configurada de manera que se active o desactive independientemente de las otras subredes.
- 10 11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado porque** las salidas de las subredes que forman una misma antena se suman (64) después de la amplificación (62) y filtrado (63), para formar una salida única por antena.
12. Dispositivo de detección y de caracterización de emisiones (80) radioeléctricas, adaptado a la recepción y a la caracterización de emisiones radioeléctricas de frecuencia central F_0 comprendida en una banda de frecuencias BH, **caracterizado porque** comprende al menos:
- 15 - un dispositivo (70) de recepción de banda ancha según una de las reivindicaciones 1 a 11 que produce dos señales I_{1FI} y Q_{2FI} en frecuencia intermedia;
- una cadena (80) de tratamiento que comprende por su parte:
- unos medios (81, 82) de digitalización que realizan la conversión analógica-digital de las señales I_{1FI} y Q_{2FI} ;
- 20 - unos primeros medios (83, 84) de tratamiento cuya función es efectuar, en la salida del dispositivo (70) de recepción, después de la digitalización, un filtrado adaptado de las señales I_{1FI} y Q_{2FI} digitalizadas;
- unos segundos medios (87) de tratamiento cuya función es realizar por un lado la detección de una emisión por comparación del nivel de la señal recibida con un umbral de detección dado y por otro lado la medición de la duración y del periodo de repetición de la señal recibida a partir de su envolvente;
- 25 - unos terceros medios (814) de tratamiento cuya función es realizar, en paralelo al tratamiento realizado por los segundos medios, a partir de las señales en FI I_{1FI} y Q_{2FI} y después del muestreado y digitalización (81, 82), una medición de la frecuencia de la emisión detectada así como la medición de la orientación localizando la fuente de emisión, realizándose esta función por medición interferométrica entre las dos vías de recepción I_{1FI} y Q_{2FI} después del filtrado (83, 84) adaptado.
- 30 13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado porque** las salidas I_{1FI} y Q_{2FI} del dispositivo (70) de recepción se conectan después de la digitalización (81, 82) a la entrada de un filtro (83) adaptado a la duración del impulso esperado más corto.
14. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado porque** las salidas I_{1FI} y Q_{2FI} del dispositivo (70) de recepción se conectan después de la digitalización a la entrada de un filtro (84) adaptado al código de modulación esperado más corto.
- 35 15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** los segundos medios (87) de tratamiento realizan una detección cuadrática (85, 86) de la señal proporcionada por los filtros adaptados.



Principio de una cadena de detección directa en banda ancha

Fig. 1



Principio de una cadena de detección superheterodina

Fig. 2

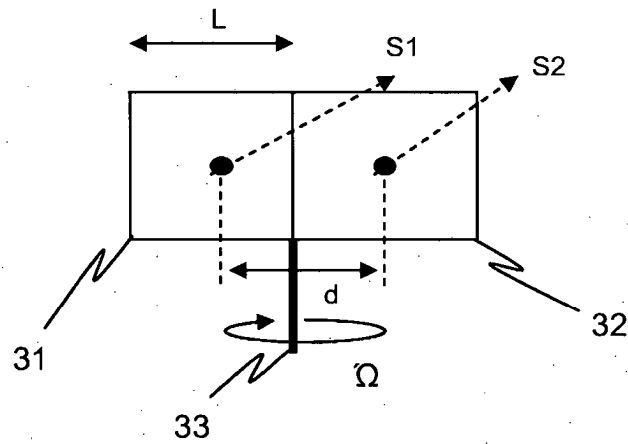


Fig. 3

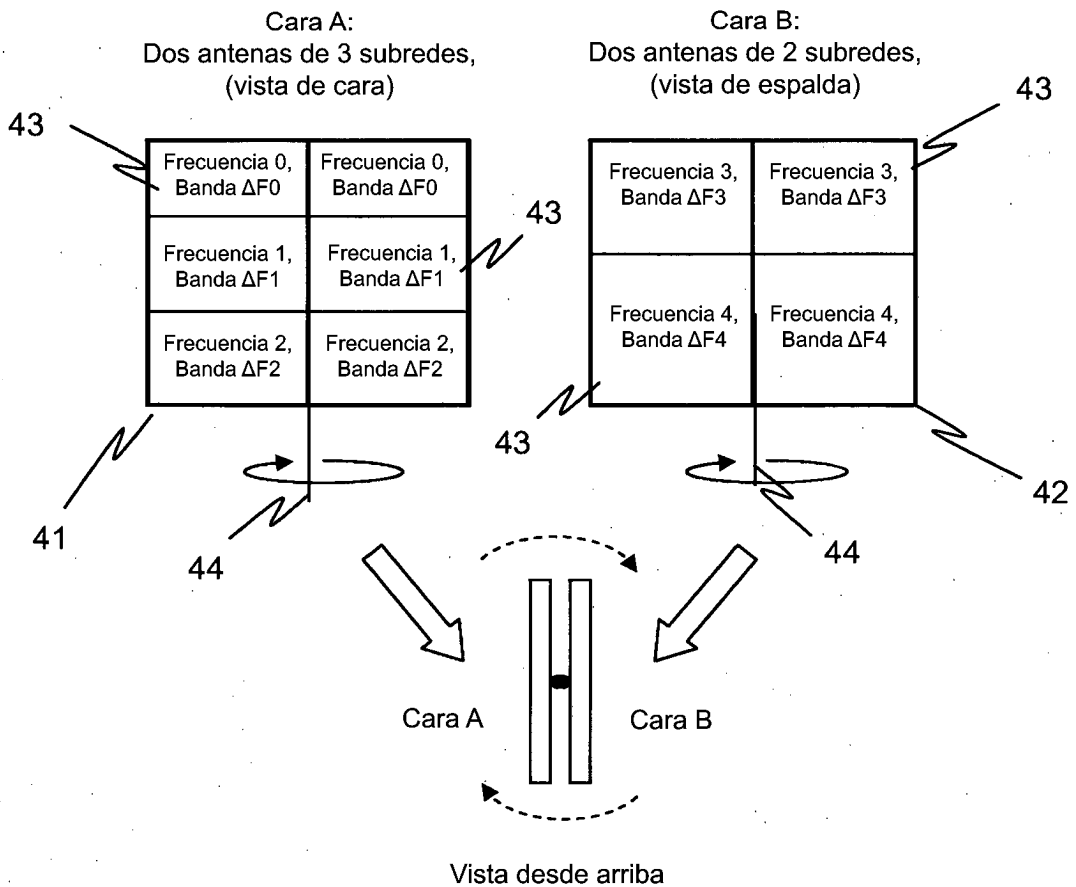


Fig. 4

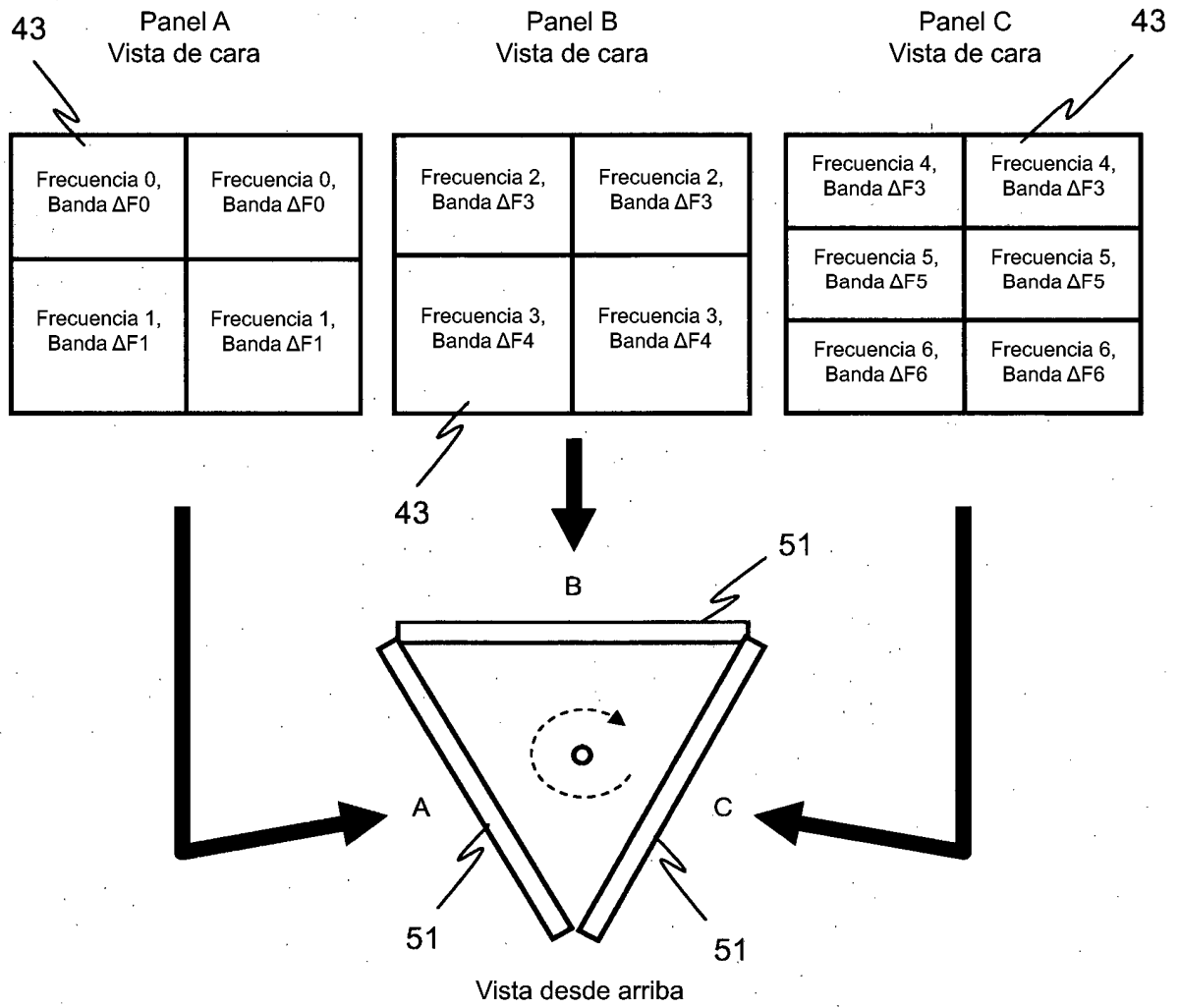


Fig. 5

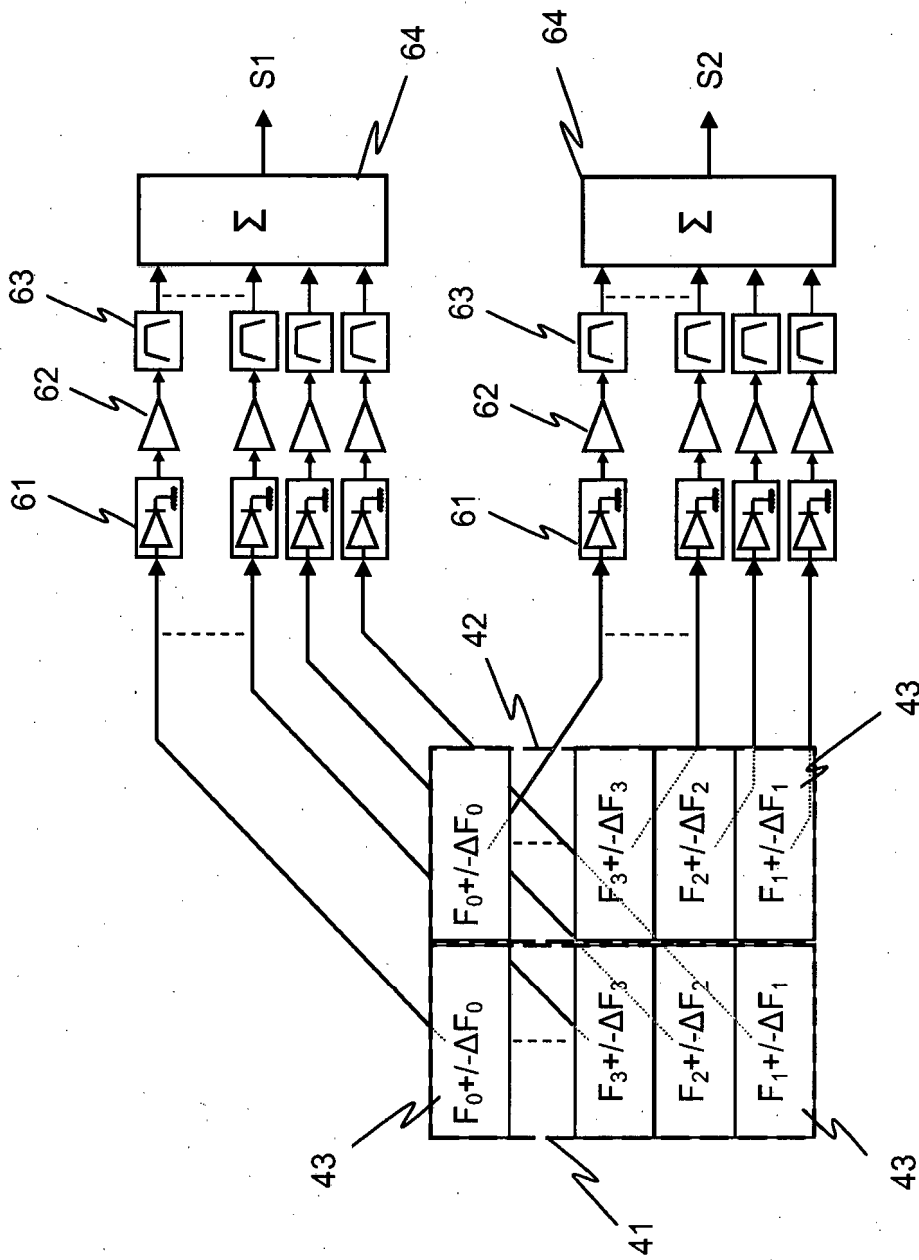


Fig. 6

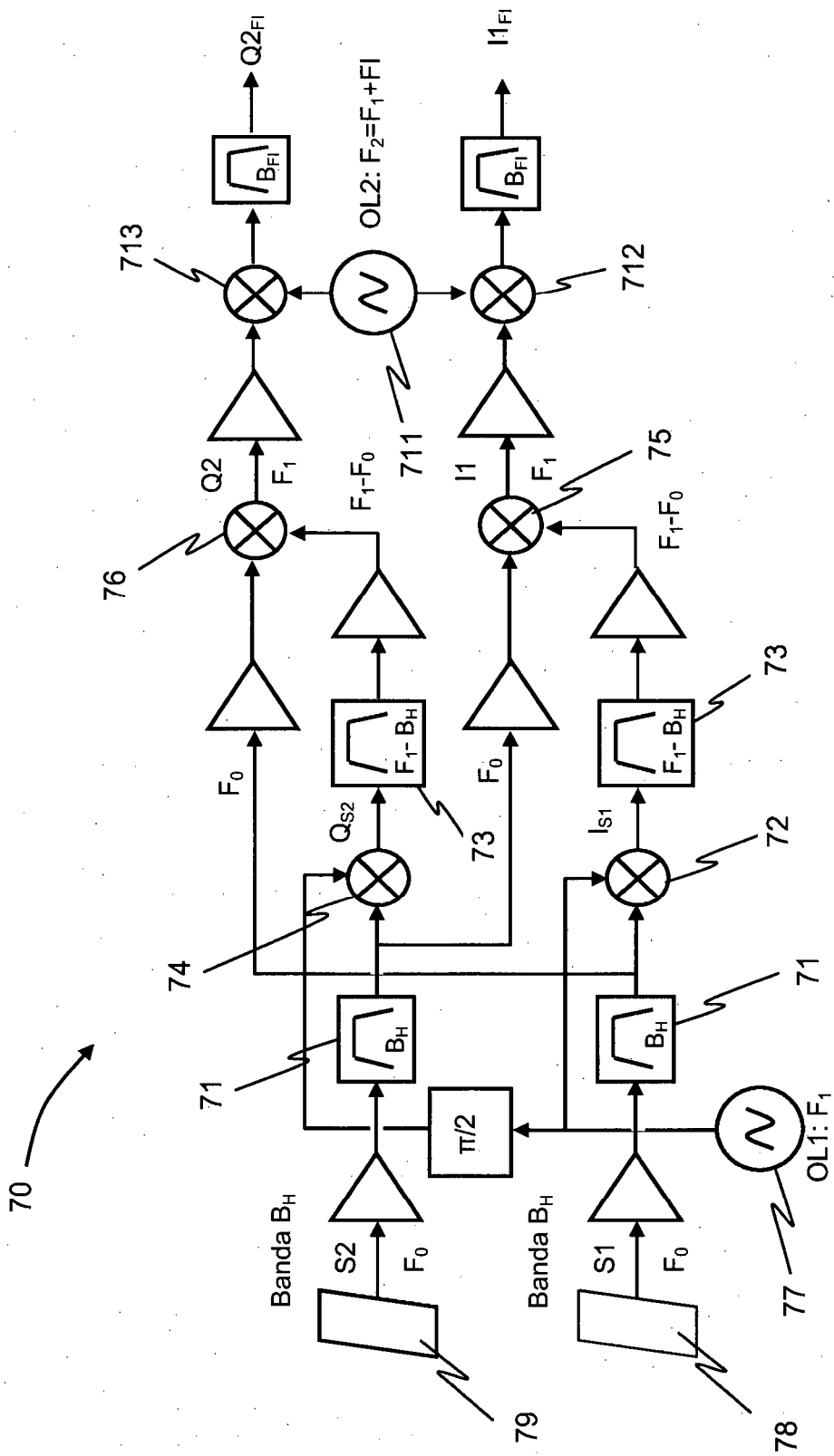


Fig. 7

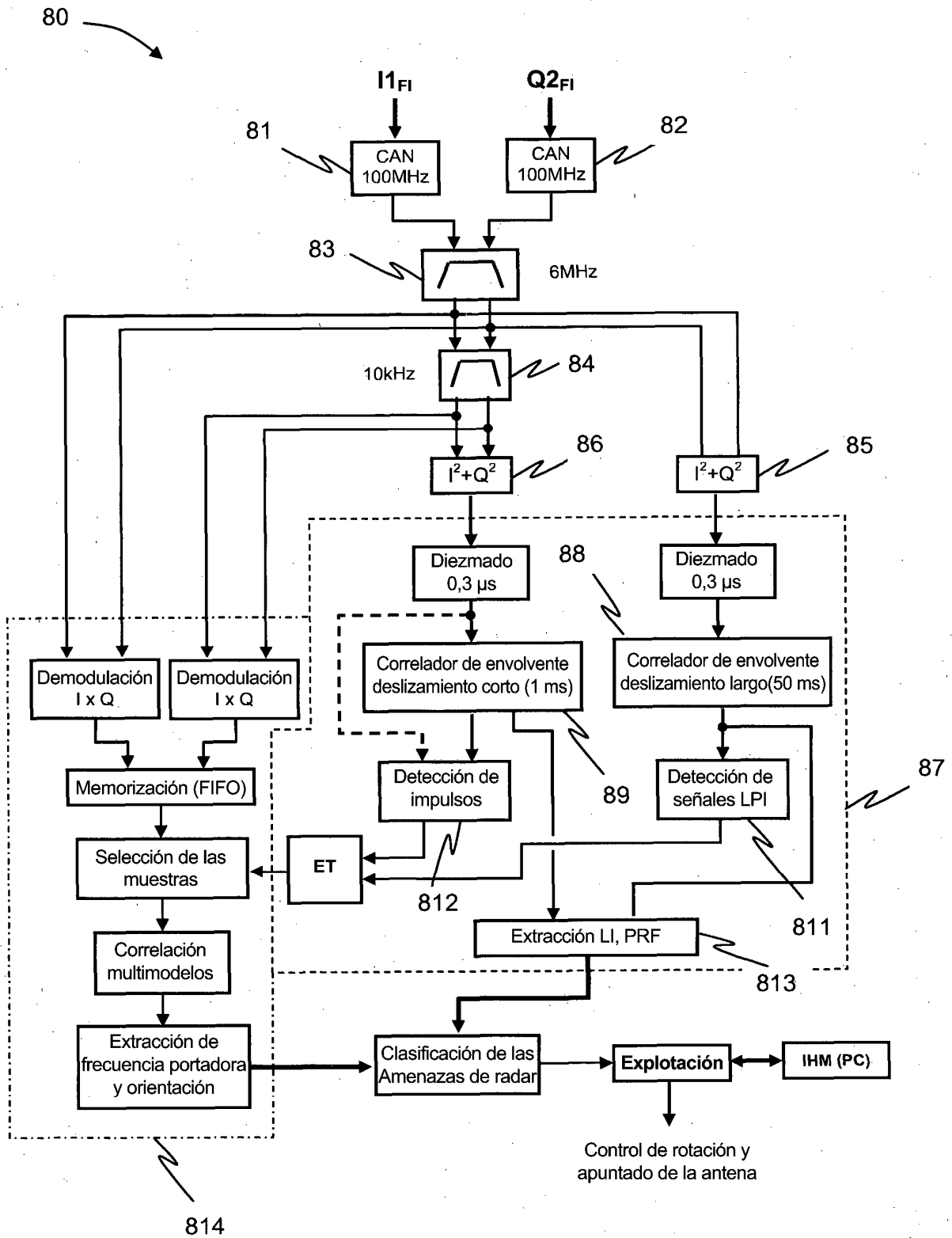


Fig. 8

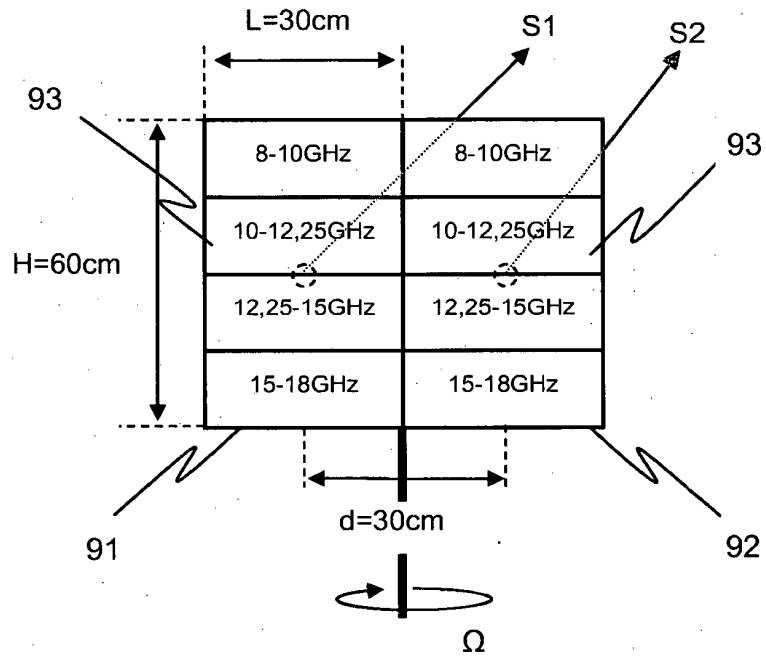


Fig. 9

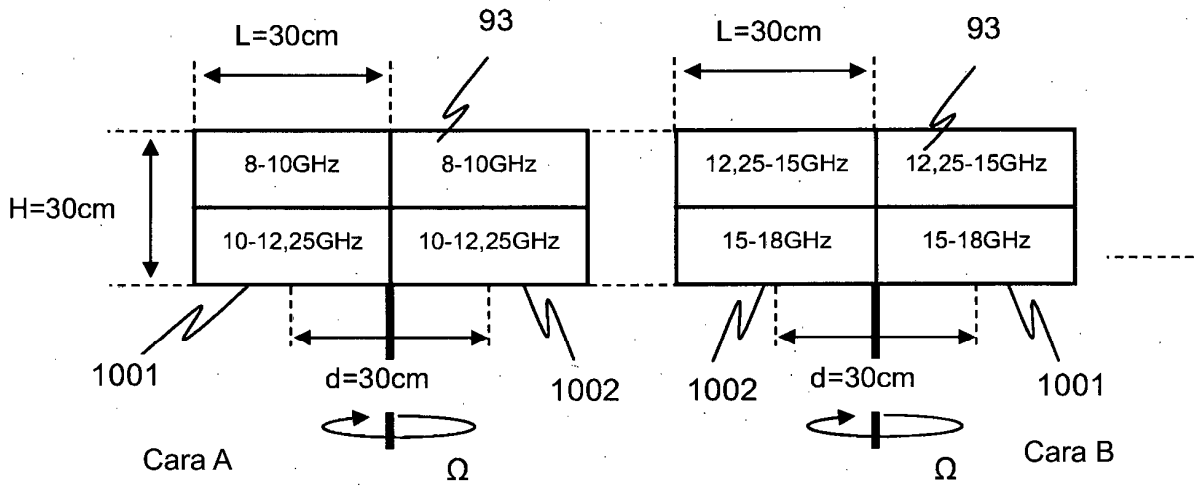


Fig. 10