

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 367**

51 Int. Cl.:

**G01S 19/21** (2010.01)

**G01S 7/02** (2006.01)

**G01S 5/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2012 E 12004211 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2669708**

54 Título: **Método de detección de una dirección de llegada de al menos una señal de interferencia y sistema para realizar dicho método**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.01.2017**

73 Titular/es:

**AIRBUS DS GMBH (100.0%)  
Robert-Koch-Strasse 1  
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**FLOCH, JEAN-JACQUES**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 596 367 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**

Método de detección de una dirección de llegada de al menos una señal de interferencia y sistema para realizar dicho método

**Campo de la Invención**

5 La presente invención se refiere a un método para detectar una dirección de llegada de al menos una señal de interferencia que interfiere con una señal deseada en una pluralidad de señales recibidas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Este método de la invención se aplica preferiblemente en sistemas de satélite de navegación global (GNSS). La invención está dirigida además a un dispositivo adaptado para realizar dicho método.

**Antecedentes de la Invención**

10 Un problema común en el procesamiento de datos de señal recibidos por cadenas receptoras conectadas a una configuración de antena es la cantidad de datos recibidos que tienen que ser analizados para caracterizar una interferencia. Una solución de configuración de antena es ya una de las técnicas más prometedoras para eliminar las interferencias. En el campo de procesamiento de señal de navegación ya es conocido aplicar una técnica de formación de haz a una señal deseada para expulsar las interferencias y mejorar significativamente el rendimiento de navegación.

15 El documento US 6.784.831 B1 describe un receptor de señal GPS que incluye una pluralidad de elementos de antena cada uno de los cuales recibe una pluralidad de señales GPS. Una pluralidad de mezcladores y un nodo de combinación convierten la señal GPS recibida en los elementos de antena en forma de multiplexación por división de frecuencia (FDM) sobre bandas de frecuencia FDM asignadas de forma lógica a los elementos de antena para producir una señal compuesta que representa tales señales GPS. Un convertidor de analógico a digital convierte una señal analógica derivada de la señal compuesta en una transmisión de palabras digital. La lógica de desmultiplexación extrae los componentes de señal GPS en la transmisión de palabras digital. Los componentes de señal GPS corresponden a las bandas de frecuencia FDM asignadas de forma lógica a los elementos de antena. La lógica de formación de haz, acoplada operativamente a la lógica de desmultiplexación, aplica un retraso de fase variable y una ganancia variable a cada componente GPS de acuerdo con un conjunto de valores de peso suministrados a la misma. La lógica de formación de haz se puede controlar para realizar operaciones de dirección/anulación de haz adaptativas.

20 El documento US 2008/0036645 A1 muestra y describe un aparato de radar de escaneo electrónico que comprende un supresor de interferencia en el que son seleccionadas rebanadas de datos muestreados de entrada, una parte de Computación de espectro de frecuencia 20, un detector de frecuencia 18, un corrector de fase, un dispositivo de procesamiento de formación de haz, un extractor de dirección de pico máxima y un selector de dirección de interferencia. Después el FFT de los datos de tiempo cortos se calcula en la parte de computación de espectro de frecuencia, el detector de frecuencia de interferencia obtiene una media entre un número de canales de potencia después de una transformación de Fourier discreta, y detecta un pico de frecuencia que identifica con una señal de interferencia. Finalmente la formación de haz digital se ejecuta en el dispositivo de procesamiento DBF de manera que se extraen los picos máximos de la potencia de una dirección de azimut, y el candidato de frecuencia que muestra la máxima potencia de pico es seleccionado y el azimut de llegada del elemento de interferencia se estima mediante el selector de dirección de interferencia.

**Objetivo de la invención**

35 Sin embargo, también puede ser de interés averiguar las fuentes de interferencias (los inhibidores) o al menos la dirección de llegada de las interferencias con un mínimo de datos a procesar. Es, de este modo, un objetivo de la presente solicitud proporcionar un método eficaz para detectar una dirección de llegada de al menos una señal de interferencia que interfiere con una señal deseada en una pluralidad de señales recibidas.

**Sumario de la invención**

45 Este problema se resuelve mediante el método de acuerdo con la reivindicación 1.

Este método de la invención propone utilizar una técnica de procesamiento de señal de formación de haz con el fin de caracterizar de forma precisa una interferencia. Por lo tanto, el método de la invención para detectar una dirección de llegada de al menos una señal de interferencia que interfiere en una pluralidad de señales recibidas, en donde las señales son recibidas por una pluralidad de elementos de antena en una configuración de antena, siendo cada elemento de antena asignado a una cadena receptora, realiza las etapas de detectar un pulso en dicha pluralidad de señales recibidas y, después de la detección del pulso en las señales recibidas por una cadena receptora, proporciona la misma secuencia de muestra corta a partir de una pluralidad de señales recibidas incluyendo el pulsos por todos los elementos de antena, e identificar dicha al menos una señal de interferencia en dicha pluralidad de señales recibidas en un procesador DOA comparando el nivel de ruido de dichas señales recibidas con un nivel de energía de una señal recibida a partir de un inhibidor potencial, aplicar una técnica de procesamiento de señal de formación de haz a dicha al menos una señal de interferencia identificada y evaluar la

dirección de llegada a partir de los resultados de dicha etapa de procesamiento de señal de formación de haz.

Aplicando la técnica de procesamiento de señal de formación de haz no sólo a la señal deseada sino también a la al menos una señal de interferencia, la invención propone un nuevo concepto para analizar la interferencia y propone una forma de hacer frente a la elevada cantidad de datos a ser analizados. Tal detección automática de interferencia utilizando una configuración de antena y reduciendo la cantidad de datos a ser procesados no se conoce en la técnica anterior.

En un desarrollo adicional preferido del método de la invención, los datos digitales se obtienen a partir de las señales recibidas por dicha pluralidad de receptores, en donde cada uno de los receptores está conectado a al menos una de dicha pluralidad de antenas, y dichos datos procedentes de dichos receptores digitales con recogidos para evaluar una matriz de covarianza cruzada.

En otro desarrollo adicional dicha técnica de procesamiento de señal de formación de haz es una técnica de procesamiento de señal de formación de haz de pre-correlación. Sin embargo, también se puede aplicar una técnica de procesamiento de señal de formación de haz de post-correlación.

También se prefiere realizar dicha etapa de evaluación aplicando un algoritmo de dirección de llegada (DOA) a dicha matriz de covarianza cruzada. Algoritmos conocidos como ESPRIT o MUSIC se pueden utilizar para ello.

Es más preferido realizar dicha etapa de identificación comparando el nivel de ruido de dicha señal recibida con un nivel de potencia de una señal recibida desde inhibidor potencial.

La invención está además dirigida a un dispositivo de recepción y procesamiento de señal de acuerdo con la reivindicación 8. Este dispositivo de la invención comprende:

- una disposición de antena con una pluralidad de antenas.
- una pluralidad de receptores de señal en donde cada uno de los receptores está conectado a al menos una de dicha pluralidad de antenas y
- una pluralidad de subsistemas de procesamiento de señal que está adaptada para realizar un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

Esta invención permite utilizar técnicas de configuración de antenas para caracterizar la interferencia (tiempo, frecuencia) con elevada precisión. Es una buena forma de saber si la interferencia es intencionada o no intencionada. Puede ser posible distinguir entre señales permitidas en la banda de frecuencia e interferencias. Las interferencias también son una huella dactilar del inhibidor. Es una forma de identificar al usuario del inhibidor.

El principio de esta invención es utilizar haces extra para definir y caracterizar perfectamente las interferencias (DOA, tiempo, frecuencia) en la banda de interés del rastreo de señal GNSS. Dado que la velocidad de muestreo es muy elevada, normalmente no es posible utilizar todos los datos disponibles. La segunda idea es de este modo utilizar sólo algunas secuencias de datos que incluyen la presencia de interferencias y evaluar la matriz de covarianza para calcular los coeficientes para los haces de rastreo y detectar la dirección de llegada de las interferencias.

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo con referencia a los dibujos. En estos dibujos:

- la Fig. 1 muestra un esquema de concepto del método de acuerdo con la presente invención;
- la Fig. 2 muestra un esquema de concepto del dispositivo de acuerdo con la presente invención;
- la Fig. 3 muestra un esquema del método de la invención en el caso de un inhibidor; y
- la Fig. 4 muestra un esquema matemático del método de la invención en el caso mostrado en la Fig. 3.

**Descripción detallada de la invención**

Como se muestra en la Fig. 1 y la Fig. 2, los datos digitales llegan desde un cierto número de N cadenas receptoras. Cada elemento de antena 11, 12, 13 de una configuración de antena 10 está conectado a una unidad de acondicionamiento de señal 16, 17, 18 y está asignado a cada cadena receptora 21, 23 del extremo delantero de recepción 20. Cada cadena receptora receptora está conectada a un extremo delantero digital asociado 31, 33 de una unidad de extremo delantero digital 30.

El dispositivo mostrado en la Fig. 1 está provisto de una pluralidad de unidades de formación de haz de antena 41, 42 comúnmente conocidas de una red de formación de antena 40 que son cada una utilizada por una unidad de rastreo de señal de satélite 43, 44 con el fin de rastrear un satélite relacionado desde el cual se transite la señal deseada.

El dispositivo de la invención está además equipado con unas segundas unidades de formación de haz de antena

51, 52 que son utilizadas para detectar la dirección de llegada de una señal de interferencia respectiva de acuerdo con el método de la invención. Los datos digitales que llegan de las N cadenas receptoras son recogidos en una unidad DOA 60 para evaluar una matriz de covarianza cruzada y las direcciones de llegada de las interferencias son evaluadas utilizando un algoritmo DOA (por ejemplo, se puede utilizar un algoritmo ESPRIT o un algoritmo MUSIC).

- 5 Los inhibidores son detectados comparando el nivel de ruido respecto al nivel de potencia de inhibidor recibido potencial en una unidad de caracterización en una unidad de caracterización 53, 54 de un módulo de caracterización de inhibidor 50 conectado a una respectiva unidad de formación de haz 51, 52.

El método se explicará con respecto a las Figs. 3 y 4.

- 10 La Fig. 3 considera sólo que sólo un inhibidor ha sido encontrado y por tanto sólo se ha realizado un algoritmo de formación de haz. Si P interferenciadores son detectados (como en el ejemplo de la Fig. 1), P algoritmos de formación de haz son realizados.

En la Fig. 4, la respuesta de distorsión de varianza mínimo (MVDR) es propuesta como un ejemplo para el algoritmo de formación de haces. Se pueden aplicar otros algoritmos de formación de haz. El vector  $\underline{v}$  de la señal deseada (es decir, la interferencias) es fácilmente evaluado conociendo su azimut y cota.

- 15 Aplicando el algoritmo de formación de haz a cada inhibidor, la relación de interferencia y ruido aumentará. La caracterización de tiempo de interferencias será entonces realizada sólo extrayendo las muestras digitales después de la etapa de formación de haz. La caracterización de frecuencia se realizará mediante métodos normalmente conocidos (por ejemplo, el método Welch) después de la etapa de formación de haz.

- 20 El algoritmo de dirección de llegada (DOA) es bastante demandante en términos de tiempo y procesamiento. La primera restricción es la velocidad de datos entre el extremo delantero digital y la red de formación de haz (Fig. 2). Dado que el muestreo de frecuencia es a menudo muy elevado con un alto número de cuantización, no puede ser transmitido a todas las muestras a la red de formación de haz.

- 25 Puede haber algunas limitaciones (longitud de secuencia, cuantización) en la cantidad de datos que van a ser procesados para utilizar en el algoritmo DOA. Para el ruido como interferencias (interferencias de banda ancha o banda estrecha) no hay problema para disminuir el número de muestras digitales en la entrada del algoritmo considerando sólo una secuencia corta o mediante sub-muestreo. Sin embargo, para interferencias de pulso, puede ser crítico, ya que la presencia del pulso completo se requiere que sea capaz de detectarlo. El principio se muestra en la Fig. 2 para la caracterización de la interferencia i. Cada cadena receptora tiene un detector de pulso, similar al formado para el borrado de pulso. Tan pronto como un pulso es detectado en la cadena, la misma secuencia corta
- 30 de muestras que incluyen el pulso es enviada por todas las cadenas receptoras al procesador DOA. Si se detecta más de un pulso, todas las secuencias de muestra que contienen pulso de cada cadena receptora son enviadas al procesador DOA. De este modo, la cantidad de datos a ser procesados disminuye y las muestras requeridas han sido seleccionadas para realizar correctamente el algoritmo DOA.

- 35 La invención no está restringida a la realización a modo de ejemplo descrita anteriormente que sólo sirve como explicación general del concepto fundamental de la invención. Aún más, está dentro del campo de protección que el método para detectar una dirección de llegada de al menos una señal de interferencia y sistemas para realizar dicho método de acuerdo con la invención podrían adoptar diferentes formas a las de las realizaciones descritas anteriormente.

- 40 Los símbolos de referencia en las reivindicaciones, la descripción y los dibujos sirven sólo para proporcionar un mejor entendimiento de la invención y no están destinados a limitar el campo de la protección.

**Lista de signos de referencia**

- 10 configuración de antena
- 11 elemento de antena
- 12 elemento de antena
- 5 13 elemento de antena
- 16 unidad de acondicionamiento de señal
- 17 unidad de acondicionamiento de señal
- 18 unidad de acondicionamiento de señal
- 20 extremo delantero de recepción
- 10 21 cadena receptora
- 23 cadena receptora
- 30 unidad de externo delantero digital
- 31 extremo delantero digital
- 33 extremo delantero digital
- 15 40 red de formación de haz
- 41 unidad de formación de haz de antena
- 42 unidad de formación de haz de antena
- 43 unidad de rastreo de señal de satélite
- 44 unidad de rastreo de señal de satélite
- 20 50 módulo de caracterización de inhibidor
- 51 segunda unidad de formación de haz de antena
- 52 segunda unidad de formación de haz de antena
- 53 unidad de caracterización
- 54 unidad de caracterización
- 25

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para detectar una dirección de llegada de al menos una señal de interferencias que interfiere una señal de llegada en una pluralidad de señales recibidas, en donde las señales son recibidas por una pluralidad de elementos de antena (11, 12, 13) de una configuración de antena (10), estando cada elemento de antena (11, 12, 13) asignado a una cadena receptora (21, 23), caracterizado por las etapas de
- 10 - después de la detección de un pulso en las señales recibidas por una cadena receptora, proporcionar la misma secuencia de muestra corta a partir de dicha pluralidad de señales recibidas incluyendo el pulso por todas la cadenas receptoras a un procesador DOA, e identificar dicha al menos una señal de interferencia en dicha pluralidad de señales recibidas en el procesador DOA comparando el nivel de ruido de dichas señales recibidas con un nivel de potencia de una señal recibida desde un inhibidor potencial;
- aplicar una técnica de señal de formación de haz a dicha al menos una señal de interferencia identificada;
- evaluar la dirección de llegada a partir de los resultados de dicha etapa de procesamiento de señal de formación de haz.
- 15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1,
- en el que en el caso en el que se detecte más de un pulso, todas las secuencias de muestra que contienen pulsos de cada cadena receptora son enviadas al procesador DOA.
- 20 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,
- en el que los datos digitales son obtenidos a partir de señales recibidas por una pluralidad de receptores (21, 23), estando cada uno de los receptores conectados a al menos una de dicha pluralidad de antenas (11, 12, 13), y
- en el que dichos datos digitales que llegan de dichos receptores digitales son recogidos para evaluar una matriz de covarianza cruzada.
- 25 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, 2, o 3,
- en el que dicha técnica de procesamiento de señal de formación de haz es una técnica de procesamiento de señal de formación de haz de pre-correlación.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, 2, o 3,
- en el que dicha técnica de procesamiento de señal de formación de haz es una técnica de procesamiento de señal de formación de haz de post-correlación.
- 30 6. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 5,
- en el que dicha etapa de evaluación se realiza aplicando un algoritmo de dirección de llegada (DOA) a dicha matriz de covarianza cruzada.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6,
- en el que dicho algoritmo DOA es un algoritmo ESPRIT o MUSIC.
- 35 8. Un dispositivo de recepción y procesamiento de señal, que comprende
- una configuración de antena (10) con una pluralidad de elementos de antena (11, 12, 13),
- una pluralidad de receptores de señal (21, 23) en donde cada uno de los receptores está conectado a, al menos una, de dicha pluralidad de elementos de antena (11, 12, 13) y
- una pluralidad de subsistemas de procesamiento de señal (30, 40, 50) que están adaptados para realizar un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

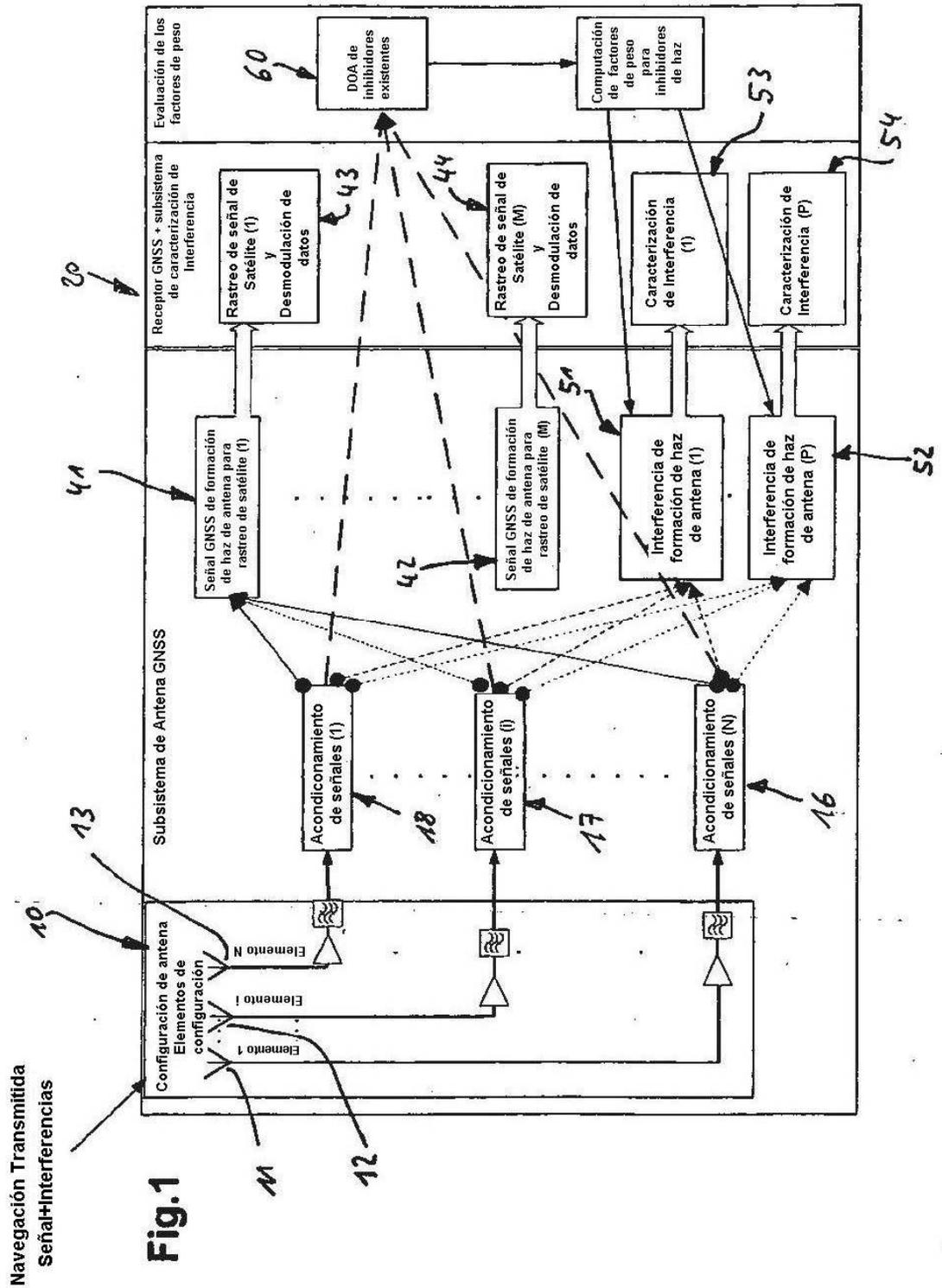
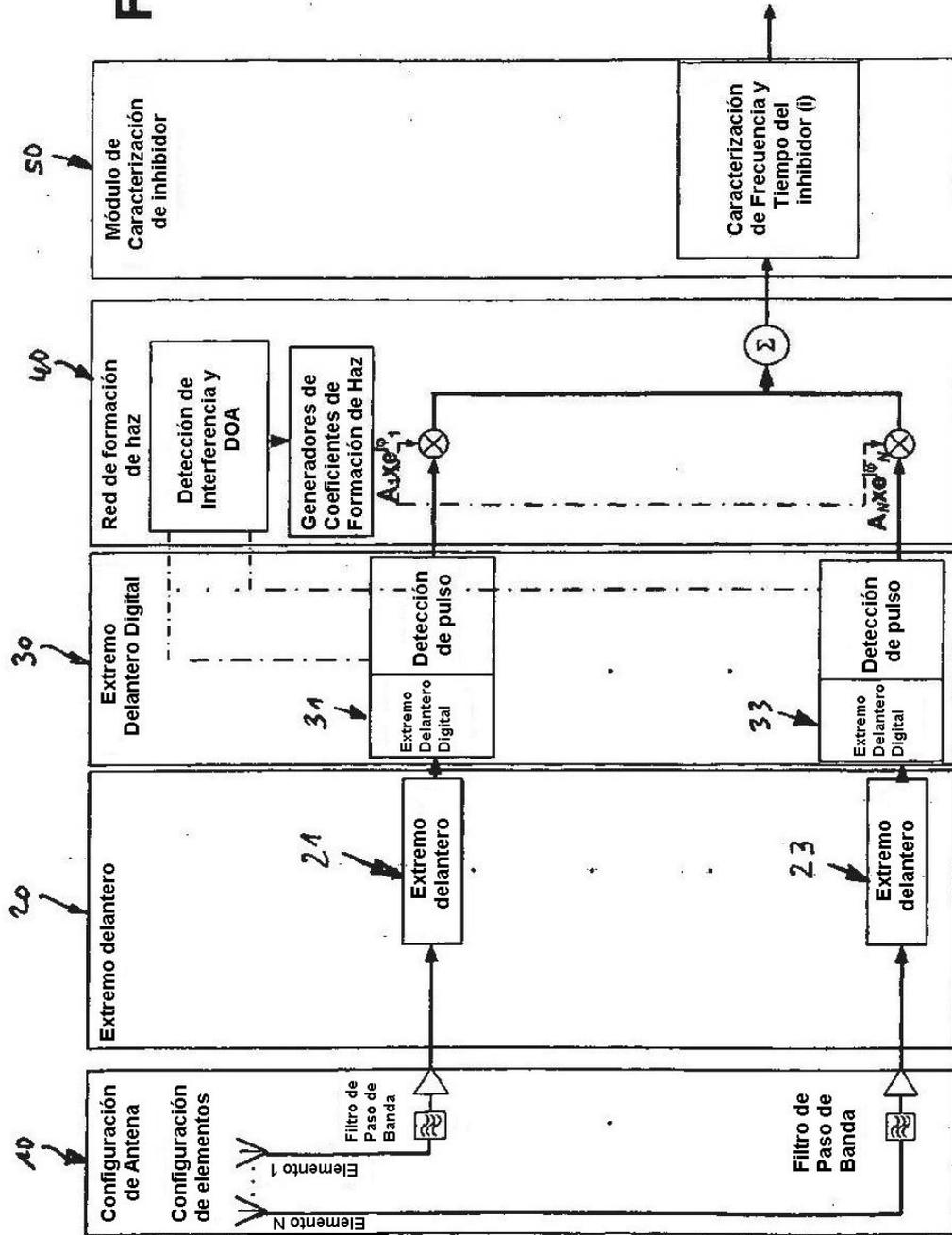
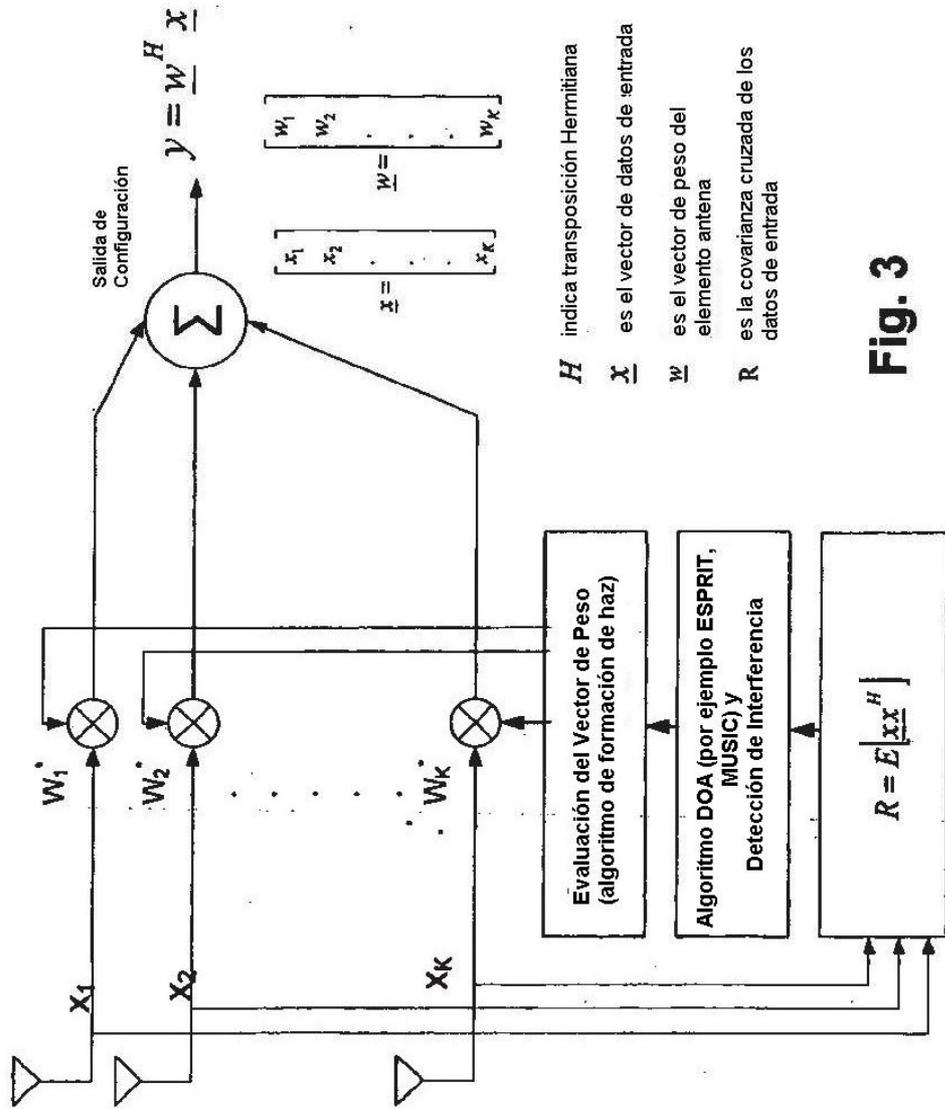


Fig. 2





$H$  indica transposición Hermitiana  
 $\underline{x}$  es el vector de datos de entrada  
 $\underline{w}$  es el vector de peso del elemento antena  
 $R$  es la covarianza cruzada de los datos de entrada

**Fig. 3**

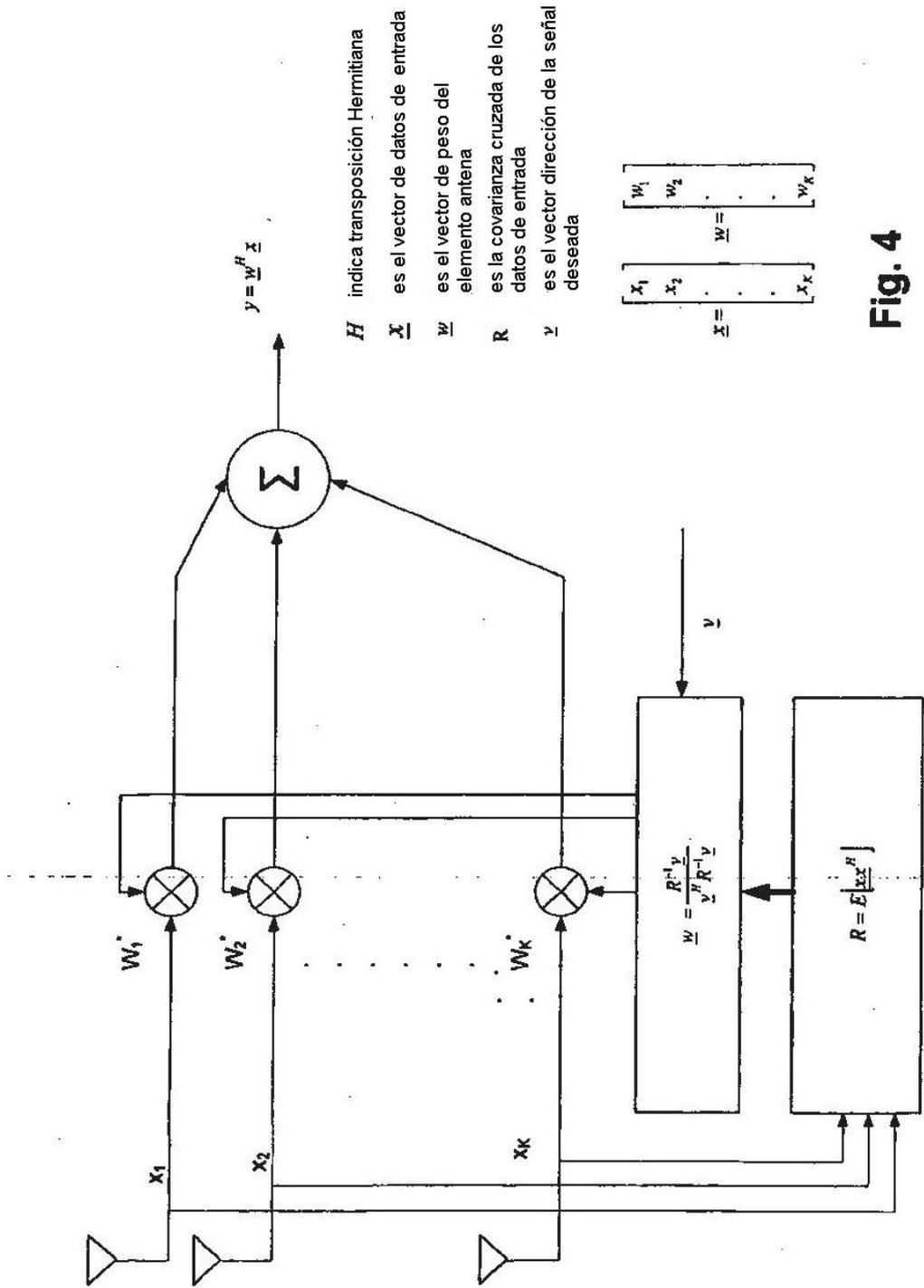


Fig. 4