

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 510**

51 Int. Cl.:

H04B 7/08 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2008 E 08006845 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.02.2015 EP 1993219**

54 Título: **Procedimiento para el cálculo de vectores de dirección mejorados**

30 Prioridad:

16.05.2007 DE 102007023099

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

26.05.2015

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

SCHOPP, MANFRED

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 536 510 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el cálculo de vectores de dirección mejorados.

La invención se refiere a un procedimiento para el cálculo de vectores de dirección mejorados de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 El filtrado sirve para la amplificación de una señal seleccionada de una dirección de incidencia determinada y/o la atenuación del resto de señales de una mezcla de señales de otras direcciones de incidencia.

Un ejemplo de un procedimiento para el filtrado selectivo espacialmente, que para la determinación de los coeficientes de filtro precisa las características de sensor de al menos una de las señales incidentes, es conocido como "copia de señal" [1].

10 En un filtrado FIR (filtrado de respuesta finita al impulso) selectivo espacialmente, como por ejemplo con copia de señal, las señales de sensor medidas por los N canales de recepción de un receptor son multiplicadas por los coeficiente de filtro complejos (es decir, afectados con determinados desplazamientos de amplitud y fase), de modo que en la señal sumada con respecto a la señal recibida de un elemento individual se consigue una amplificación en la dirección de una señal útil y una atenuación en la dirección de las señales de interferencia (Fig. 1, Fig. 2).

15 La Fig. 1 muestra un filtrado selectivo espacialmente con un filtro FIR: las señales de entrada son combinadas linealmente mediante los coeficientes de filtro. La Fig. 2 muestra un ejemplo de la acción de filtrado de un filtro FIR selectivo espacialmente. Una señal (útil) de 10° de azimut es amplificada, una señal (de interferencia) de 80° de azimut es atenuada. El lóbulo principal del filtro calculado con copia de señal es relativamente ancho, mientras que los mínimos para las direcciones que se atenúan son estrechos y afilados. En el caso sin interferencias (sin ruido), y con direcciones de incidencia y características de sensor conocidas con exactitud, en cuanto a los mínimos se trata de anulación, es decir, las señales de interferencia son completamente suprimidas.

A continuación se trata brevemente la modelización de la incidencia de ondas conocida por [3], [5].

25 Si se denota por $s(t)$ el vector de las señales de las M ondas planas incidentes respecto al tiempo t en un punto de referencia de la matriz de los N sensores, donde $x(t)$ es el vector de las tensiones del sensor complejas medidas en el instante t, A la matriz de dirección y $n(t)$ el término de ruido, entonces se tiene:

$$x(t) = A \cdot s(t) + n(t) \tag{1}$$

con $A(\theta) = [a(\theta_1), \dots, a(\theta_M)]$,

Matriz de dimensión N*M de las características de sensor de las M direcciones de incidencia θ de la señal

y $a(\theta_i)$

30 Vector de dimensión N de las características de sensor para la i-ésima dirección de incidencia, en adelante también designado como "vector de dirección".

Además,

$$R = E(x(t) \cdot x^*(t))$$

la matriz de covarianza de los sensores (* (estrella): hermítica)

$$S = E(s(t) \cdot s^*(t))$$

la matriz de covarianza de la señal

35 Si se supone por simplicidad que el ruido es independiente del tiempo, no correlacionado con los sensores y con la misma potencia σ^2 para todos los sensores, entonces:

$Q = E(n(t) \cdot n^*(t)) = \sigma^2 I$ es la matriz de covarianza de ruido, donde I es la matriz identidad.

Bajo estas hipótesis, se tiene que R

$$R = ASA^* + \sigma^2 I \tag{2}$$

40 posee una estructura lineal y autovalores reales positivos.

De la estructura lineal de (2) se deduce que aquellos N-M autovalores que son ortogonales a las columnas de A, todos son iguales a la potencia de ruido σ^2 . En caso de que solo una onda plana incida con potencia σ_1^2 , el autovalor correspondiente es $Ew(1) = \sigma_1^2$.

El estimador de máxima verosimilitud para el vector $s(t)$ resulta de la ecuación (1):

$$45 \hat{s}_{ML}(t) = (\hat{A}^H \hat{A})^{-1} \hat{A}^H x(t) \tag{3}$$

El producto de las 3 matrices se denomina pseudoinversa de la matriz \hat{A} .

En el caso de una mezcla de M señales, entonces de la fila m-ésima de la pseudoinversa se obtiene el vector con los coeficientes de filtro complejos para la amplificación de la m-ésima señal y la supresión del resto de señales. En caso de procesamiento en paralelo con M receptores de medición pueden ser procesadas así simultáneamente M señales. Un caso especial del procedimiento de copia de señal se tiene cuando únicamente debe ser amplificada una señal seleccionada y no se va a atenuar ninguna otra señal. Se habla también entonces de un "lóbulo direccional".

Para la determinación del filtro de acuerdo con la ecuación (3) solo es necesario el conocimiento de los vectores de dirección para las direcciones de incidencia de las señales.

Según el estado de la técnica para las características del sensor y, por tanto, para los vectores de dirección de las direcciones de incidencia de la señal son tomadas medidas tales como por ejemplo:

- características idealizadas según fórmulas (radiador isotrópico, dipolo corto, trama pequeña, etc.)
- características calculadas con programas de cálculo adecuados
- características medidas en el campo de prueba

Estos supuestos vectores de dirección difieren de los reales, por ejemplo, como resultado de una influencia de plataforma en los sensores no medida, una variación temporal, posiciones de los sensores no determinadas con exactitud, diferentes longitudes de cable y atenuaciones, valores goniométricos no determinados con exactitud, etc. Esto reduce la amplificación de la señal útil y en consecuencia de los mínimos afilados, en particular la atenuación de las señales de interferencia.

Una mejora gradual del efecto del filtro se puede lograr con un procedimiento adaptativo, (véase, por ejemplo [2]). En un procedimiento de bucle cerrado, los coeficientes del filtro son adaptados progresivamente con la ayuda de una señal de error alimentada. El error a la salida del filtro es reconducido al algoritmo de ajuste. Sin embargo, los procedimientos de este tipo son complejos y caros. Además, se producen problemas de convergencia [3]. También para la aplicación de procedimientos adaptativos, tales como por ejemplo el conformador de haz MVDR- (respuesta sin distorsión de mínima varianza) [2] se requiere por regla general el conocimiento del vector de dirección de al menos una señal. El conocimiento del resto de vectores de dirección mejora el comportamiento de convergencia y la velocidad de convergencia.

En el documento DE 198 03 188 A1 se describe un procedimiento dentro de un sistema de comunicación por radio. A partir de una matriz de covarianza de la conexión útil y una matriz de covarianza de las interferencias se calcula un filtro selectivo espacialmente, en el que la relación de las potencias de la conexión útil está maximizada respecto a la de las interferencias. Por un conocimiento a priori del número de intervinientes, secuencias de entrenamiento y códigos de interviniente puede ser determinadas respuestas de impulso de canal a partir de las cuales sean formadas las matrices de covarianza.

El objeto de la invención es indicar un procedimiento para a partir de los valores medidos de una instalación radiogoniométrica determinar vectores de dirección más exactos y de este modo conseguir en un filtrado de señal selectivo espacialmente una amplificación de la señal útil y/o la supresión de la señal de ruido mejoradas.

Este objeto se consigue por el procedimiento de acuerdo con las características de la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas de la invención son el contenido de las reivindicaciones subordinadas. Se determina $k \in \{1 \dots M\}$, cuyos N canales de recepción están conectados a un receptor de banda ancha de N canales, en caso de incidencia de M señales $S_1 \dots S_M$. Las señales recibidas se descomponen en B porciones de tiempo o frecuencia predeterminables. A continuación se realiza una asignación de aquellos datos medidos almacenados que son adecuados para el cálculo de los vectores de dirección asociados a las señales recibidas descompuestas en las B porciones de tiempo o frecuencia, de modo que para cada una de las B porciones de tiempo o frecuencia se forman las matrices de covarianza C a partir de una secuencia temporal de T tramas de medición de cada una de las N señales de medición del receptor de banda ancha, así como la asignación de una característica de clasificación a las señales recibidas $S_1 \dots S_M$, descompuestas en B secciones de tiempo o frecuencia. Para el cálculo de un vector de dirección mejorado para una señal S_k en una primera etapa es seleccionado un intervalo de frecuencia FI en el que la señal S_k es la señal más fuerte, y en el que la asignación a S_k se realiza en base a características de clasificación predeterminables o la correlación de vectores de dirección determinados mediante datos medidos almacenados, y en una segunda etapa es seleccionada a partir del intervalo de frecuencia FI asociado a la señal S_k aquella porción de tiempo o frecuencia B_{SK} , que tiene la menor desviación respecto a un caso de 1 onda, donde el vector de dirección para la señal S_k es igualado a una columna de la matriz de covarianza C de la porción de tiempo o frecuencia B_{SK} o, alternativamente, igualado al autovector con el mayor autovalor de la matriz de covarianza.

La invención, así como ejemplos de realizaciones de la invención se explicarán en detalle con referencia a las figuras.

Muestran:

Fig. 1, un diagrama esquemático de un filtro FIR,

Fig. 2, una señal de salida a modo de ejemplo de un filtro FIR selectivo espacialmente según el estado de la técnica,

5 Fig. 3, una representación esquemática de un organigrama para la determinación de la dirección de incidencia de señales en una matriz de sensores,

Fig. 4, una representación detallada del organigrama para la determinación según la invención de vectores de dirección, y

10 Fig. 5, una comparación entre la supresión de la señal mediante el procedimiento de copia de señal conocido y el procedimiento según la invención.

La figura 3 muestra una representación esquemática de un organigrama para la determinación de la dirección de incidencia de señales en un matriz de sensores, en el que antes de las etapas de procedimiento según la invención para la determinación de los vectores de dirección está dispuesto, por ejemplo, un radiogoniómetro de banda ancha con clasificador.

15 En el receptor de banda ancha de N canales, las señales electromagnéticas recibidas por una matriz de sensores conectada son convertidas de analógico a digital y distribuidas espectralmente en B barras por medio de una transformada rápida de Fourier (FFT). Cada barra FFT proporciona para una trama FFT (instante de medición) N números complejos a_i , con $i = 1..N$. Por una barra se entiende en lo que sigue una porción de frecuencia o de tiempo.

20 Un número predeterminado T de tramas FFT es sumado para cada barra en una matriz de covarianza N*M de acuerdo con:

$$C_{ik} = \sum_{t=1}^T (a_i(t) a_k^*(t)) \text{ con } i, k = 1..N \quad (4)$$

En la siguiente etapa son determinados el número de señales y valores goniométricos respectivos a partir de las matrices de covarianza.

25 Los procedimientos adecuados para la estimación del número de señales son por ejemplo el principio MDL (principio de longitud de descripción mínima) [3] para las señales no coherentes y MDLC (principio de longitud de descripción mínima coherente) para señales coherentes [4]. El cálculo del valor goniométrico se puede realizar, por ejemplo, para las señales no coherentes utilizando procedimientos radiogoniométricos de alta resolución, como por ejemplo MUSIC [5] y para las señales coherentes, por ejemplo, con un estimador de máxima verosimilitud, como en [5]. Sin embargo, el número de señales y las direcciones de incidencia pueden ser proporcionados también por otros procedimientos, como por ejemplo de análisis de histogramas con un procedimiento radiogoniométrico de 1 onda, como por ejemplo la conformación de haz convencional o el conocimiento previo de lugares de emisor.

30 Posteriormente se determina en qué intervalo de frecuencia se encuentran las señales respectivas y a cada señal se asocia un valor goniométrico. En la realización automatizada esto puede determinarse, por ejemplo, con un clasificador.

35 Como punto de partida para las etapas de procedimiento indicadas en el preámbulo de la reivindicación 1 se encuentran los siguientes resultados:

- Una zona de medición descompuesta en porciones de frecuencia y/o de tiempo (en el ejemplo, descomposición en barras de frecuencia).
- A las señales detectadas en las porciones de frecuencia/tiempo debe ser asociada al menos una característica de clasificación, como por ejemplo el valor goniométrico, el nivel, el tipo de modulación, etc., (en el ejemplo, los valores goniométricos).
- A las señales detectadas en las porciones de frecuencia/tiempo deben ser asociados datos de medición almacenados a partir de los cuales se pueden determinar vectores de dirección (en el ejemplo, matrices de covarianza).

45 A continuación la determinación de los vectores de dirección es realizada según la invención en correspondencia a Fig. 3 (recuadros con línea discontinua) y la Fig. 4 como sigue.

En caso de amplificación intencionada de la señal (útil) 1 es seleccionado convenientemente de la totalidad de las barras de frecuencia del radiogoniómetro solo aquel intervalo de frecuencia FI que contiene las señales $S_1...S_M$ que se solapan con la señal 1.

La determinación de las barras adecuadas para obtención de los "vectores de dirección" se realiza en 2 etapas:

- Asignación de la señal más fuerte contenida en una barra a una señal S_k de $S_1 \dots S_M$ en base a una característica de clasificación, o por correlación de los vectores de dirección.
- Selección de la barra B_{S_k} más adecuada de todas las barras asociadas a una señal S_k .

5 Para la asignación de la señal:

La asignación se realiza en el ejemplo de acuerdo con la característica de clasificación de valor goniométrico o en caso de varios valores goniométricos por barra en correspondencia con el valor goniométrico de la señal con el nivel más alto (cálculo del nivel, por ejemplo según [5]) a la señal de $S_1 \dots S_M$, situada más cercana en ángulo espacial. Si la distancia angular de todas las señales se sitúa por encima de un valor umbral, la barra es descartada.

10 Puesto que por regla general para el cálculo del valor goniométrico dispuesto delante ya se encontraron suposiciones sobre las características de la antena, es decir, para cada señal S_k de $S_1 \dots S_M$ ya existe un supuesto vector de dirección a_k^0 , en lugar de la asignación mediante una característica de clasificación también puede realizarse una asignación por correlación de vectores de dirección. Por ejemplo, un vector de dirección sv determinado en una barra es asignado a la señal S_k en caso de que:

$$15 \quad \left| a_k^0 \text{conj}(sv) \right|^2 > \left| a_r^0 \text{conj}(sv) \right|^2 \quad \text{con } r = 1 \dots M \text{ y } r \neq k$$

(Conj: conjugado complejo, producto escalar)

y

$$\left| a_k^0 \text{conj}(sv) \right|^2 > \text{valor umbral predeterminado}$$

(5)

Para la selección de la barra

20 La selección de la barra de frecuencia B_{S_k} más adecuada de todas las barras asignadas a la señal S_k se realiza a través de un criterio para la determinación de un caso de 1 onda lo más puro posible con la menor interferencia y ruido posibles.

Una realización especial de esta condición utilizando los autovalores de la matriz de correlación de sensores R está descrita en la ecuación (6a, 6b):

25 En lugar de los autovalores de la matriz de correlación de sensores R conocida, en la ecuación (2) se pueden utilizar como aproximación los autovalores de la matriz de covarianza C sumada a través de T instantes de medición en la ecuación (4). Para una señal S_k es determinada aquella barra de las barras asociadas a esta señal, en la que la relación representada en la ecuación (6a) sea máxima. Esta relación corresponde en el caso de 1 onda a SNR (relación señal/ruido). La ecuación (6b) es así una aproximación de la ecuación (6a).

$$30 \quad SNR = \frac{Ew(1)}{\sum_{i=2}^H Ew(2)} \quad \text{con } H = \min(T, N) \quad (6a)$$

Para $T < N$, la matriz C tiene solo T de cero autovalores diferentes. Por lo tanto, la suma en el denominador se extiende solo hasta H .

$$SNR = \frac{Ew(1)}{Ew(2)(H - 1)} \quad (6b)$$

35 El vector de dirección respecto a la señal S_k se obtiene a partir de una columna de la matriz de covarianza C (1..N,1) de la barra B_{S_k} asociada respectivamente. Así en la columna i -ésima de la matriz de covarianza las fases del vector de dirección se refieren al sensor i -ésimo. Alternativamente se emplea como vector de dirección el autovector del mayor autovalor de la matriz de covarianza, que representa una solución promediada a través de toda la matriz de covarianza [5].

40 Para las señales para las que no se tiene una estimación de este tipo del vector de dirección, por ejemplo porque está cubierto completamente por señales más fuertes, se mantiene el vector de dirección supuesto hasta ahora por ejemplo respecto a la radiogoniometría. Si no existe ninguna estimación o suposición de un vector de dirección, la señal correspondiente no es tenida en cuenta en el cálculo del filtro, es decir ni se amplifica ni se suprime.

Con los nuevos vectores de dirección determinados el filtro es calculado o actualizado.

Además de la selección descrita de la barra adecuada en el dominio de la frecuencia, los vectores de dirección pueden ser determinados también en el dominio del tiempo. Esto es útil en caso de direcciones de incidencia no variables en el tiempo cuando por ejemplo una señal en principio cubierta incide en un instante posterior con un nivel mayor que el resto de señales. En este caso se aprovecha tanto la frecuencia como las fluctuaciones temporales en la relación de nivel de las señales.

Los valores umbral utilizados en el algoritmo se pueden adaptar de forma correspondiente a la estabilidad de la situación de la señal.

En el caso especial de solapamiento completo, si por ejemplo una señal débil está completamente cubierta por una señal fuerte en el espectro, esta puede ser mejor amplificada o atenuada en el filtrado con la determinación más precisa del vector de dirección de la señal fuerte.

En el caso especial de utilización de un radiogoniómetro de banda estrecha con una frecuencia media ajustada de forma fija, la determinación de los vectores de dirección de señales individuales se realiza mediante aplicaciones en matrices de covarianza sucesivas en el tiempo. En caso de funcionamiento con cambio de frecuencia o en caso de funcionamiento con exploración de frecuencia, los intervalos de frecuencia se pueden usar también de forma análoga a los intervalos de frecuencia del radiogoniómetro de banda ancha.

En Fig. 5 está representada, en base a un ejemplo de medición, la comparación entre la supresión de señal mediante el procedimiento de copia de señal conocido y la invención. En la representación superior de la Fig. 5 la potencia de recepción de un dipolo individual de una antena radiogoniométrica de 9 elementos es aplicada en caso de incidencia de 2 señales externas a través del número de barra. La señal 1 con aproximadamente -90 dBm se encuentra en la barra 141, la señal 2 con aproximadamente -30 dBm se encuentra en la barra 220.

La representación central muestra las potencias de recepción según el uso de copia de señal de acuerdo con la ecuación (1) para la amplificación de la señal 1 y la supresión de la señal 2 a las señales de todos los elementos de la antena radiogoniométrica. Asimismo fueron supuestas para los dipolos individuales características de antena con forma circular idealizada y diferencias de fase correspondientes a las longitudes de trayectorias geométricas de la propagación de las ondas. Con estos vectores de dirección idealizados fueron determinados los valores goniométricos de las dos señales y a continuación también calculado el filtro. La señal (útil) señal 1 es amplificada aproximadamente 10 dB, la señal (de interferencia) 2 es atenuada aproximadamente 10 dB.

La representación inferior muestra el filtrado con copia de señal y el procedimiento según de la invención para la determinación de las características de sensor. El vector de dirección de la señal 1 es deducido de la matriz de covarianza respecto a la barra 141 y de la señal 2 de la matriz de covarianza respecto a la barra 220. La señal de interferencia es atenuada aproximadamente 50 dB. La razón SIR (señal respecto a interferencia) mejora en el ejemplo con el nuevo procedimiento en comparación con la recepción dipolo individual en aproximadamente 60 dBm y respecto al procedimiento de copia de señal en aproximadamente 40 dBm.

35 Bibliografía

- [1] Miller, M.I., Fuhrmann, D.R: "Maximum-Likelyhood Narrow-Band Direction Finding and the EM Algorithm", IEEE Transactions on ASSP, Vol. 38, n. 9, septiembre 1990
- [2] Godara, L.C.: "Smart Antennas", CRC Press, Boca Raton, 2004
- [3] Wax M., Kailath, T.: "Detection of Signals by Information Theoretic Criteria", IEEE ASSP, Vol. 33, n. 2, págs. 387-392, abril 1985
- [4] Wax M., Ziskind I.: "Detection the Number of Coherent Signals by the MDL Principle", IEEE Trans. ASSP, Vol. 37, págs. 1190-1196, agosto 1989
- [5] R.O.Schmidt: "Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-34, n. 3, marzo 1986

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de las características de sensor de los elementos de una matriz de antenas cuyo N canales de recepción están conectados a un receptor de banda ancha de N canales en caso de incidencia de M señales $S_1...S_M$ mediante el cálculo de vectores de dirección para una señal S_k $k \in \{1 \dots M\}$ que comprende las siguientes etapas de procedimiento: descomposición de las señales recibidas en B secciones de tiempo o frecuencia predeterminables, asignación de datos medidos almacenados que son adecuados para el cálculo de los vectores de dirección a las señales recibidas descompuestas en las B secciones de tiempo o frecuencia, en el que para cada una de las B secciones de tiempo o frecuencia se forman matrices de covarianza C a partir de una secuencia temporal de T tramas de medición de las N señales de medición respectivas del receptor de banda ancha, asignación de una característica de clasificación a las señales recibidas $S_1...S_M$ descompuestas en las B secciones de tiempo o frecuencia, caracterizado por que para el cálculo de un vector de dirección mejorado para una señal S_k en una primera etapa es seleccionado un intervalo de frecuencia FI, en el que la señal S_k es la señal más fuerte, y en el que la asignación de S_k se realiza en base a características de clasificación predeterminables o la correlación de vectores de dirección determinados mediante los datos de medición almacenados, y en una segunda etapa es seleccionado de un intervalo de frecuencia FI asociado a una señal S_k aquella porción de tiempo o frecuencia B_{SK} , que tiene la menor desviación respecto a un caso con una sola onda, en el que vector de dirección para la señal S_k es igualado a una columna de la matriz de covarianza C de la porción de tiempo o frecuencia B_{SK} o alternativamente es igualado al autovector asociado al mayor autovalor de la matriz de covarianza.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los elementos de la matriz de covarianza son calculados de acuerdo con:

$$C_{ik} = \sum_{t=1}^T (a_i(t)a_k^*(t)) \text{ con } i, k = 1 \dots N$$

a_i = valor de salida de i-ésima señal de medición del receptor de banda ancha para una porción de tiempo o frecuencia
 a_k^* = valor de salida complejo conjugado de la k-ésima señal de medición del receptor de banda ancha para una porción de tiempo o frecuencia.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que de las B porciones de tiempo o frecuencia es seleccionada aquella porción de tiempo o frecuencia B_{SK} que proporciona el máximo cociente entre el mayor y el segundo mayor autovalor de la matriz de covarianza C.

4. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que de las B porciones de tiempo o frecuencia es seleccionada aquella porción de tiempo o de frecuencia B_{SK} que proporciona el máximo cociente entre mayor autovalor y la suma de los autovalores positivos de la matriz de covarianza C.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la característica de clasificación es la dirección de incidencia de la señal S_1, \dots, S_M , un nivel de señal o un tipo de modulación.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los vectores de dirección en el funcionamiento de frecuencia fija son formados a partir de valores medidos de diferentes porciones de tiempo y en el funcionamiento con cambio de frecuencia o en el funcionamiento de exploración de frecuencia a partir de valores medidos en diferentes porciones de frecuencia y/o en diferentes porciones de tiempo.

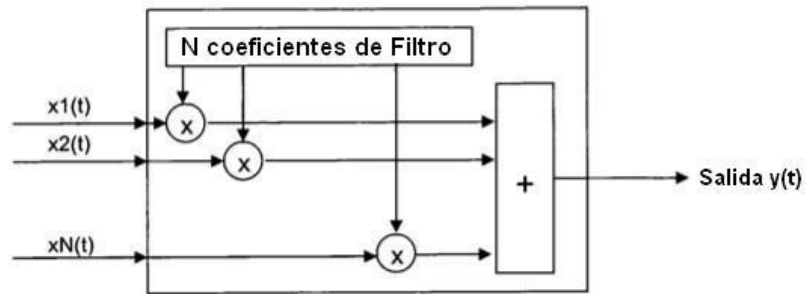


Fig. 1

Amplificación

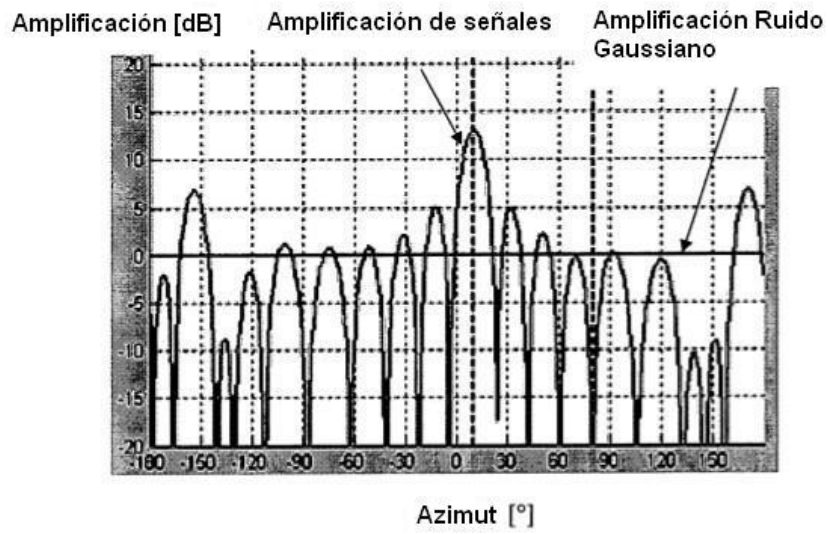


Fig. 2

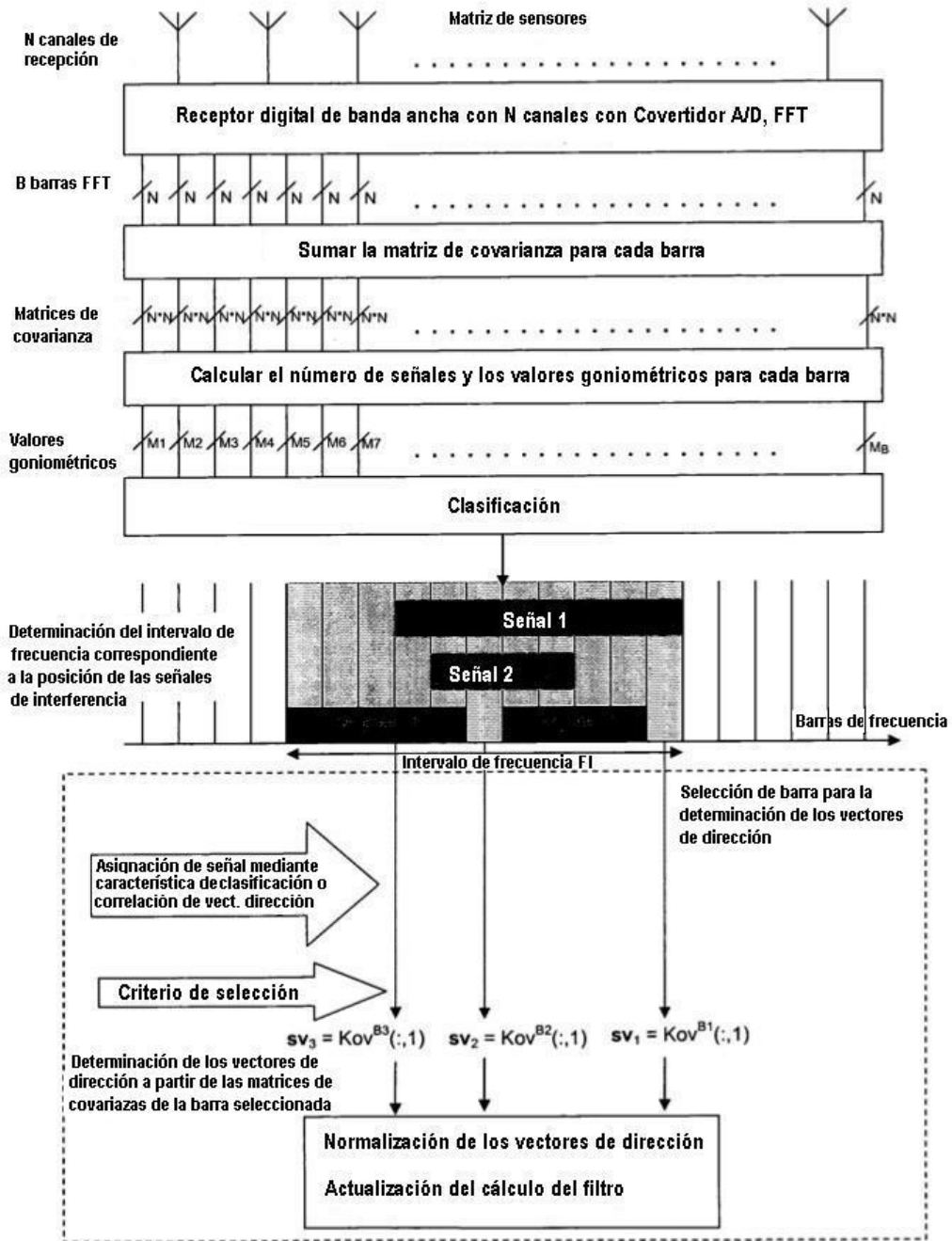


Fig. 3

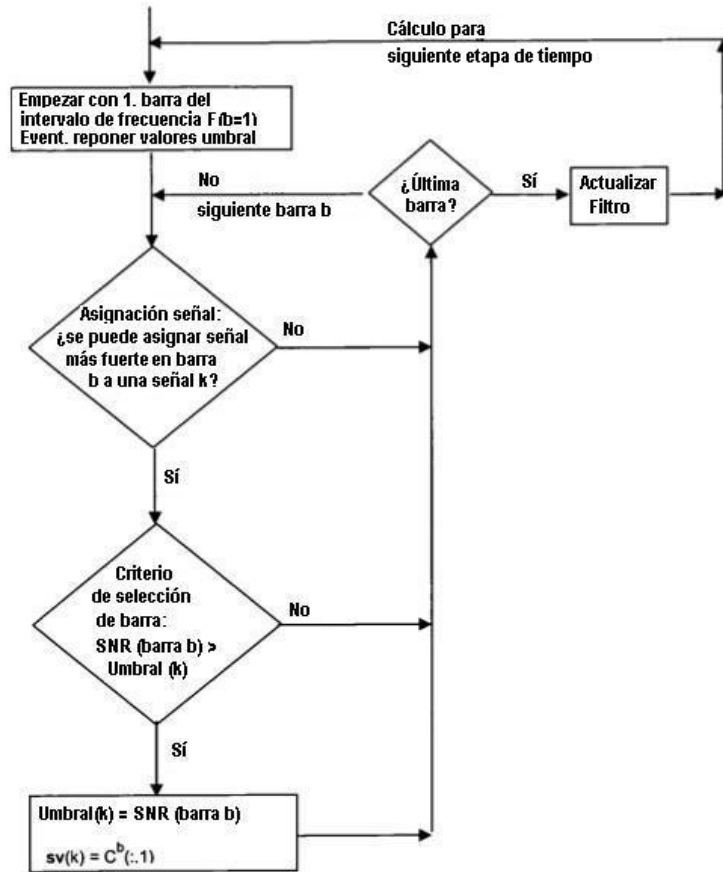


Fig. 4

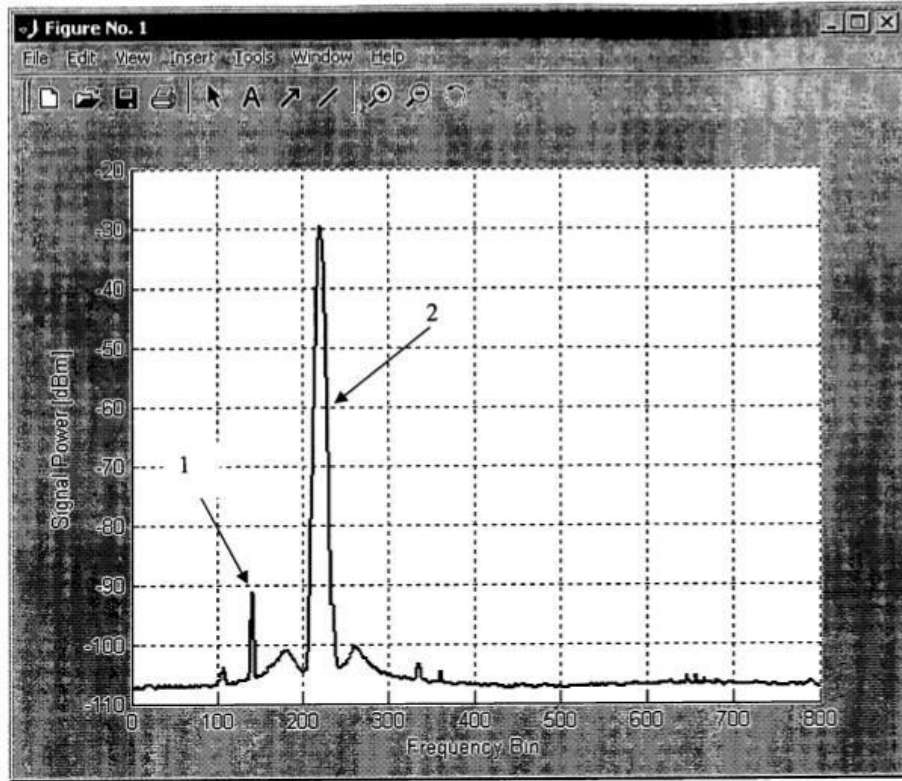


Fig. 5a

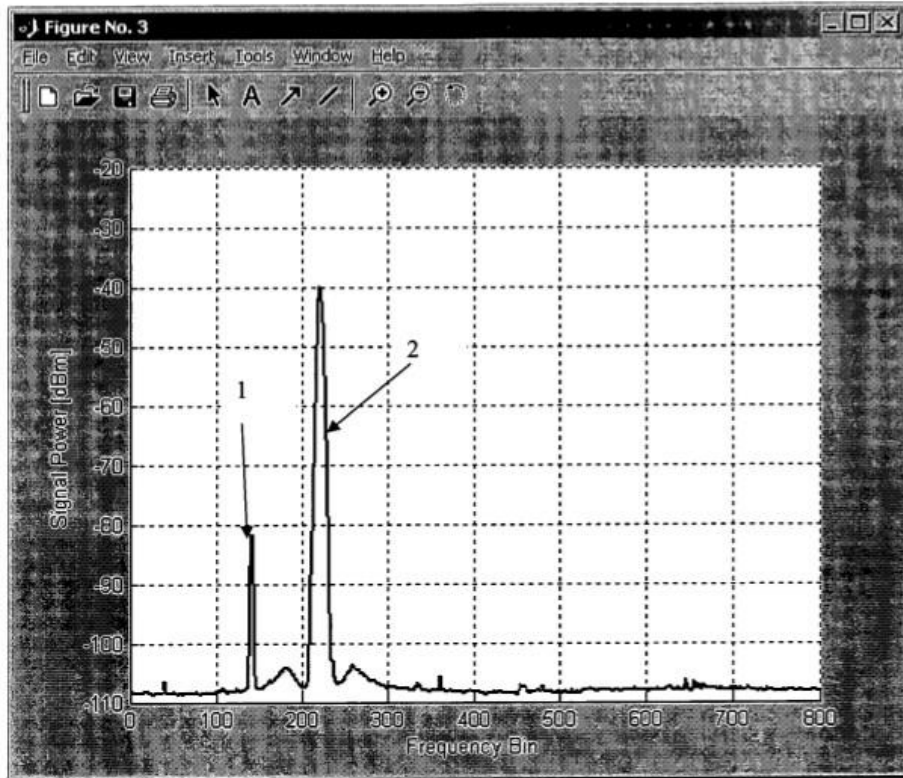


Fig. 5b

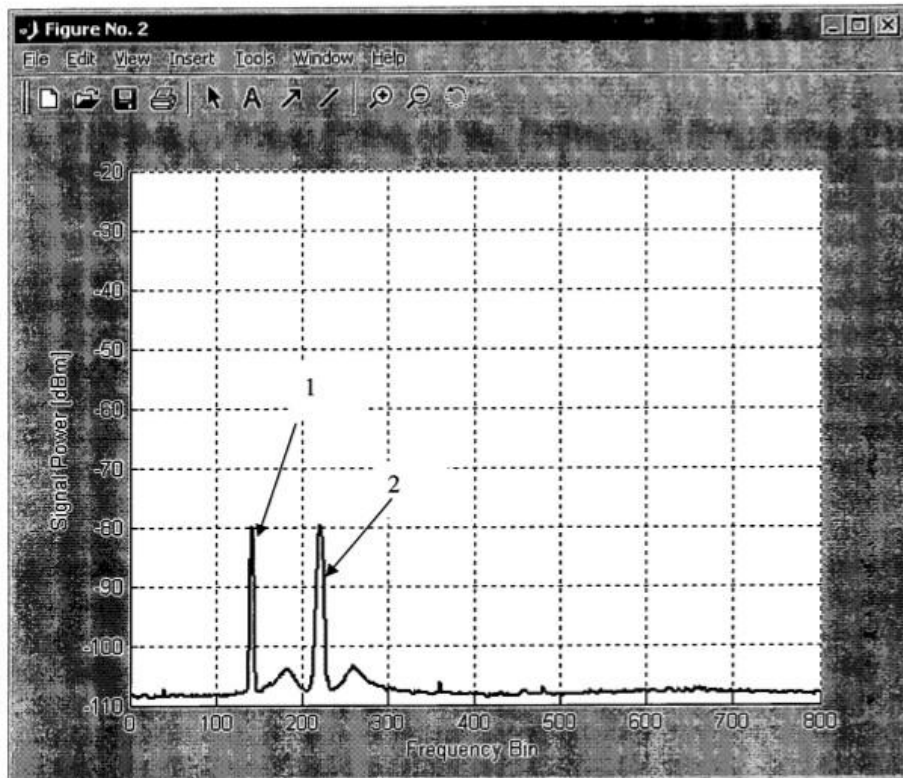


Fig. 5c