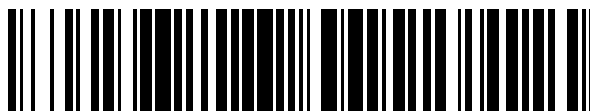


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 930**

51 Int. Cl.:
H01Q 3/26 (2006.01)
G01S 7/36 (2006.01)
H04B 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09733438 .7**
96 Fecha de presentación: **16.04.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2281325**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.02.2011**

54 Título: **Un procedimiento para minimizar el ruido de perturbación intencionada en sistemas receptores**

30 Prioridad:
18.04.2008 GB 0807090
18.04.2008 EP 08154813

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.12.2012

73 Titular/es:
BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:
LANGSFORD, PETER ALAN

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 391 930 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

Un procedimiento para minimizar el ruido de perturbación intencionada en sistemas receptores

La presente invención se refiere a un procedimiento para minimizar el ruido de perturbación intencionada en sistemas receptores y, en particular, aunque no exclusivamente, a un procedimiento para minimizar el ruido de perturbación en sistemas de RADAR.

Los procedimientos de orientación a ceros proporcionan una disposición de contramedidas electrónicas para contrarrestar la amenaza de una perturbación intencionada de RADAR (detección y determinación de distancia por radio –“RADIO DETECCION AND RANGING) hostil. El RADAR es un procedimiento que se basa en la reflexión de ondas de radio desde un objeto, tal como una aeronave. Las ondas de radio son transmitidas desde un transmisor de RADAR, y el intervalo de tiempo entre su transmisión y su recepción en el receptor de RADAR se supervisa para determinar la distancia del objeto con respecto al RADAR. Al coordinar esta medición con las direcciones de elevación y azimutal de la señal transmitida, es posible determinar la posición del objeto con respecto al RADAR y efectuar un seguimiento de la posición del objeto a lo largo del tiempo.

La interferencia o perturbación intencionada de RADAR se refiere a las señales de radiofrecuencia que se originan desde fuentes independientes del RADAR, las cuales se transmiten en el intervalo de frecuencias del RADAR. La perturbación intencionada es problemática para el RADAR puesto que la señal reflejada desde un objeto es, típicamente, más débil que la señal de perturbación intencionada. La señal de perturbación intencionada únicamente ha de viajar en un sentido, a saber, desde el dispositivo de perturbación intencionada hasta el receptor de RADAR, mientras que la señal de RADAR se desplaza en ambos sentidos (radar-objeto-radar) y se ve, por tanto, significativamente reducida en potencia en el momento de retornar al receptor de RADAR. De acuerdo con ello, la señal de perturbación intencionada, relativamente fuerte, procedente del objeto actúa oscureciendo la señal deseada reflejada en el objeto.

Las configuraciones o patrones de radiación de los transmisores de RADAR son generalmente de naturaleza direccional y comprenden una potente señal central, flanqueada por una serie de lóbulos laterales que disminuyen de potencia a medida que aumenta la separación angular desde la señal central, tal como se muestra en la Figura 1. La respuesta del RADAR a las señales recibidas varía de una manera similar al perfil de la transmisión, de tal modo que las señales dirigidas hacia la antena desde una dirección situada dentro de la señal central, es decir, dentro de unos pocos grados con respecto a la línea de mira del RADAR, es decir, la dirección de alineación óptica, experimentan más ganancia que las señales que llegan desde una dirección desplazada angularmente con respecto a la dirección central, es decir, dentro de los lóbulos laterales.

La señal central y los lóbulos laterales están separados entre sí por una serie de nodos o ceros, que corresponden a direcciones laterales en las que se dirige una potencia transmitida muy escasa o ninguna en absoluto. Las señales recibidas desde direcciones que caen dentro de estos ceros o cerca de ellos experimentan muy poca ganancia. De acuerdo con ello, la función de los procedimientos de orientación a ceros consiste en formar ceros o posiciones de ganancia mínima en las direcciones del ruido debido a las señales de perturbación intencionada. Pueden crearse ceros en cualquier configuración de haz recibido, a condición de que existan suficientes grados de libertad para captar muestras de ruido independientes de las fuentes de perturbación intencionada, y los necesarios canales de tratamiento para combinarlas.

Se conoce la práctica de proporcionar sistemas de RADAR que comprenden una antena principal que tiene las características de ganancia anteriores, trabajando en una disposición en paralelo con una serie de antenas auxiliares (según se muestra en la Figura 2) que tienen una ganancia que varía lentamente a través del intervalo de “visión” angular. Cada una de las antenas auxiliares también será receptiva a la señal reflejada deseada y a la señal indeseable de perturbación intencionada, pero la ganancia aplicada a las señales reflejada y de perturbación intencionada será mucho menor que la de la antena principal y relativamente uniforme a través del ángulo de visión. De acuerdo con ello, las señales recibidas por las antenas auxiliares exhibirán un cierto grado de correlación con la señal recibida por la antena principal. Los modernos sistemas de RADAR incorporan la antena principal y las antenas auxiliares en una única unidad que tiene un conjunto geoméricamente ordenado de elementos de antena estrechamente separados unos de otros y que operan con una relación entre fases definida.

Los métodos convencionales de eliminación de las señales de perturbación intencionada utilizan las señales de los canales auxiliares para minimizar la señal detectada en el canal principal. La salida de los canales auxiliares se resta del canal principal con el fin de eliminar la componente de ruido de perturbación intencionada. Sin embargo, la señal de perturbación intencionada que aparece en cada antena auxiliar comprenderá una amplitud y una fase que dependen de su ángulo de llegada, y, por lo tanto, diferentes canales auxiliares comprenderán cantidades diferentes de ruido.

Un ejemplo de un sistema conocido puede encontrarse en el documento GB 2.188.782 A.

Para superar este problema, los métodos existentes aplican un factor de ponderación a cada una de las señales recibidas desde los canales de salida de los receptores auxiliares, a fin de determinar la influencia de las señales

respectivas a la hora de reducir los niveles de ruido en el canal principal. Sin embargo, con estos métodos, la señal procedente del canal principal se reduce utilizando las señales suministradas como salida desde cada canal auxiliar, incluso en circunstancias en las que la señal suministrada como salida desde el auxiliar puede ser la debida al ruido térmico únicamente. Además de ser intensivo desde el punto de vista computacional, este procedimiento también tiene como resultado una reducción de la intensidad de la señal deseada.

Se ha concebido ahora un procedimiento que supera los problemas anteriormente mencionados.

De acuerdo con la presente invención, según se observa desde un primer aspecto, se proporciona un procedimiento para minimizar el ruido de perturbación intencionada en sistemas receptores, de tal manera que el procedimiento comprende el uso de un receptor primario y de una pluralidad de receptores secundarios para recibir señales, de tal manera que el procedimiento comprende las etapas de:

- correlacionar por separado la señal recibida en cada uno de la pluralidad de receptores secundarios con la señal recibida en el receptor primario;
- determinar la magnitud de la correlación entre las señales recibidas en cada uno de la pluralidad de receptores secundarios y la señal recibida en el receptor primario; y
- minimizar la señal recibida en el receptor primario utilizando las señales recibidas en los receptores secundarios para los que la magnitud de la correlación con la señal recibida en el receptor primario se encuentra por encima de un cierto valor de umbral.

Para las señales suministradas como salida desde los receptores secundarios que exhiben un nivel o grado de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario, que se encuentra por encima del valor de umbral, la señal procedente del receptor secundario que tiene la mayor magnitud de potencia correlacionada con la señal suministrada como salida desde el receptor primario, se utiliza entonces, preferiblemente, para minimizar el nivel de ruido de perturbación intencionada en el receptor primario, lo que produce una señal primaria mejorada.

La etapa de minimización comprende, preferiblemente, restar la potencia correlacionada, obtenida mediante la correlación de la señal procedente de ese receptor secundario que tiene la magnitud más grande de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario, de la señal suministrada como salida desde el receptor primario y cada uno de los receptores secundarios.

Este procedimiento hace posible una determinación más precisa del objeto en cuestión, puesto que no hay una eliminación innecesaria de la señal deseada. Los receptores secundarios que experimentan niveles de ruido de perturbación intencionada para los que la magnitud de la correlación de potencia con la señal procedente del receptor primario se encuentra por debajo del umbral, están, por lo tanto, excluidos de la etapa de minimización.

El procedimiento comprende también, preferiblemente, la etapa de determinar factores de ponderación que se aplican a las señales suministradas como salida desde cada uno de la pluralidad de receptores secundarios. Los factores de ponderación se calculan a partir de muestras de datos tomadas de cada uno de los canales receptores utilizando un algoritmo de reversión de la correlación, o descorrelación, secuencial. El algoritmo supone que la señal deseada $y(t)$ en el instante t puede ser expresada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$y(t) = x_0(t) - \sum_{i=1}^N w_i x_i(t)$$

donde $x_0(t)$ es la salida del receptor primario y $x_i(t)$ es la señal suministrada como salida desde el canal receptor secundario i -ésimo, siendo $i = 1, \dots, N$ para N receptores secundarios, y w_i es el factor de ponderación o peso que se ha de aplicar a la señal recibida desde el receptor secundario i -ésimo.

Las señales de RADAR son, típicamente, transmitidas como impulsos con una frecuencia de repetición predefinida y, por tanto, a intervalos de tiempo predefinidos. Para cada impulso transmitido que proporciona una señal reflejada en los receptores primario y secundarios, el factor de ponderación se calcula para receptor secundario. El factor de ponderación dependerá de la magnitud de la correlación de potencia entre la señal suministrada como salida desde el receptor primario y el receptor secundario respectivo, y puede expresarse matemáticamente como:

$$w_i^{(n)} = \frac{E[x_i^{(n)}(t)x_{N-n}^{(n)}(t)]}{E[x_{n-N}^{(n)}(t)x_{N-n}^{(n)}(t)]}$$

donde $E[\dots]$ denota el valor esperado y x_i está únicamente definido por $0 \leq i \leq N - n$.

De preferencia, las señales suministradas como salida desde cada uno de los receptores secundarios son

clasificadas por orden de la magnitud de su correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario. La magnitud de la potencia correlacionada para cada receptor secundario es entonces comparada con el valor de umbral, el cual se ajusta, preferiblemente, de manera que esté justo por encima del ruido térmico. Si no hay ninguna señal de receptor secundario que comprenda una magnitud de la potencia correlacionada que esté por encima del valor de umbral, entonces se pone fin al procedimiento.

Preferiblemente, esa potencia correlacionada, obtenida correlacionando la salida de señal procedente de ese receptor secundario que tiene la magnitud más alta de potencia correlacionada, con el receptor primario, se resta de cada salida de señal procedente de los receptores secundarios, lo que proporciona una señal modificada. Los factores de ponderación para cada una de las señales modificadas procedentes de cada uno de los receptores secundarios, son entonces recalculados dependiendo de la magnitud de la correlación de potencia de las señales modificadas procedentes de cada uno de los receptores secundarios, con la señal mejorada procedente del receptor primario. Esto puede representarse como:

$$x_i^{(0)}(t) = x_i(t)$$

$$x_i^{(n+1)} = x_i^{(n)}(t) - w_i^{(n)} x_{N-n}^{(n)}(t)$$

Puede observarse que en cada iteración, n , la señal $x_{N-n}^{(n)}(t)$ que se ha originado a partir del canal receptor secundario $(N - n)$ -ésimo, queda descorrelacionada con respecto a los demás canales restantes.

Las magnitudes de las potencias correlacionadas, obtenidas correlacionando la señal modificada procedente de cada uno de los receptores secundarios, con la señal mejorada procedente del canal primario, son entonces clasificadas de nuevo por orden de potencia correlacionada más alta. La señal modificada procedente del receptor secundario y que tiene la magnitud más grande de correlación de potencia con la señal mejorada, es entonces utilizada, de manera adicional, para minimizar el nivel de ruido de perturbación intencionada en el canal primario.

Se prosigue este procedimiento hasta que la magnitud de la potencia correlacionada para todas las señales modificadas suministradas como salida desde los receptores secundarios, con la señal mejorada procedente del receptor primario, se encuentre por debajo del valor de umbral. Este procedimiento garantiza que únicamente las señales procedentes de los receptores secundarios que proporcionen una reducción útil del ruido de perturbación intencionada en el canal primario, son utilizadas para recuperar la señal deseada.

De acuerdo con la presente invención, según se observa desde un segundo aspecto, se proporciona un sistema receptor de RADAR que comprende medios de tratamiento destinados a llevar a cabo el procedimiento del primer aspecto.

De preferencia, los medios de tratamiento comprenden una computadora de gestión de radar.

Se describirá a continuación la realización preferida de la presente invención, a modo de ejemplo únicamente y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una representación gráfica de un patrón o configuración de radiación típica emitida desde un RADAR; y

La Figura 2 es una representación esquemática de un sistema de RADAR que incorpora el procedimiento de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 2 de los dibujos, se muestra en ella una disposición esquemática de un sistema de RADAR. El sistema comprende una antena principal 10 y una serie de antenas auxiliares 11, todas las cuales se han dispuesto para recibir señales; con los modernos sistemas de RADAR, tanto la antena principal como las auxiliares se materializan, por lo común, utilizando un conjunto geoméricamente ordenado y en fase de elementos de antena (no mostrados).

La antena principal 10 transmite un tren de impulsos en un instante particular y busca una señal reflejada a lo largo de un intervalo de tiempo predeterminado. El instante en que son muestreados los canales 12 de datos dentro de un cierto intervalo de repetición de impulsos, dependerá de la frecuencia de repetición de los impulsos, de los ecos parásitos, a saber, cualesquiera ecos indeseados procedentes de las nubes, el mar, las montañas, etc., y del entorno de la perturbación intencionada.

Para frecuencias de repetición de los impulsos que son lo suficientemente bajas como para proporcionar un intervalo inequívoco que es mayor que la extensión del intervalo de los ecos indeseados de superficie, el primer lote de muestras después de cada impulso transmitido comienza entonces en un instante correspondiente a un intervalo justo mayor que la extensión del intervalo de los ecos indeseados. Esto garantiza que las reflexiones procedentes de

los ecos indeseados correspondientes a un impulso transmitido, son recibidas antes de que se envíe el siguiente impulso. Ello evita la ambigüedad de asociar impulsos reflejados con un impulso transmitido concreto, y se controla utilizando la computadora 13 de gestión de RADAR.

Haciendo referencia a la Figura 2, la señal procedente de cada antena puede expresarse como:

5
$$x = [x_0, x_1, \dots, x_N]$$

y, similarmente, los pesos obtenidos de cada una de las auxiliares pueden ser expresados como:

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_N].$$

La señal de salida mejorada x_0^{imp} se expresa, por tanto, como:

$$x_0^{imp} = x_0 - w_1 x_1 - w_2 x_2 - \dots - w_N x_N.$$

10 El procedimiento de la presente invención minimiza el ruido de perturbación intencionada en el canal del receptor primario adaptando de forma recursiva los valores de los pesos. La potencia de salida mejorada, P , puede ser expresada como:

$$P = E \left[x_0^{imp} (x_0^{imp})^* \right],$$

15 donde * indica la operación de conjugación. En cada estadio de la iteración, únicamente el canal auxiliar que exhibe el mayor nivel o grado de correlación de potencia con el canal principal, se utiliza en la minimización. Es más, en cada iteración, la magnitud de la correlación de potencia entre los canales auxiliares y el canal principal es comparada con un nivel de umbral que se establece justo por encima del ruido térmico, y los canales para los que la potencia correlacionada se encuentra por debajo del nivel de umbral son excluidos de la etapa de minimización. Esto da como resultado una minimización rápida y precisa de la potencia de perturbación intencionada en el canal principal y, de esta forma, un procedimiento efectivo para la eliminación de las señales de perturbación intencionada.

20

Si bien lo anterior ha ejemplificado la aplicación del procedimiento de la presente invención a sistemas de RADAR, debe apreciarse que el procedimiento encontrará también una aplicación adecuada en otros sistemas receptores, incluyendo, aunque sin limitarse a ellos, sistemas de SONAR y sistemas de comunicación que puedan ser susceptibles de interferencia originada por señales perturbadoras intencionadas.

25

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento para minimizar el ruido de perturbación intencionada en sistemas receptores, de tal manera que el procedimiento comprende el uso de un receptor primario (10) y una pluralidad de receptores secundarios (11) para recibir señales, de tal modo que el procedimiento comprende las etapas de:
- 5 - correlacionar por separado la señal recibida en cada uno de la pluralidad de receptores secundarios (11) con la señal recibida en el receptor primario (10);
- determinar la magnitud de la correlación entre señales recibidas en cada uno de la pluralidad de receptores secundarios (11), con la señal recibida en el receptor primario (10); y
- caracterizado por que comprende la etapa adicional de:
- 10 - minimizar la señal recibida en el receptor primario (10) utilizando las señales recibidas en los receptores secundarios (11) para las que la magnitud de la correlación con la señal recibida en el receptor primario (10) se encuentra por encima de un valor de umbral.
- 2.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la etapa de determinar factores de ponderación para cada una de las señales suministradas como salida desde los receptores secundarios (11).
- 15 3.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual los factores de ponderación se calculan a partir de muestras de datos tomadas de cada uno de los receptores secundarios (11), utilizando un algoritmo de reversión de correlación, o descorrelación, secuencial.
- 20 4.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual únicamente los receptores secundarios (11) que experimentan niveles o grados de ruido de perturbación intencionada para los que el grado de correlación con la señal suministrada como salida en el receptor primario (10) se encuentra por encima del umbral, son utilizados en la etapa de minimización.
- 25 5.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual únicamente la potencia de señal correlacionada suministrada como salida desde el receptor secundario (11) que tiene la magnitud más grande de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario (10), se utiliza en la etapa de minimización.
- 30 6.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual la etapa de minimización comprende restar la potencia de señal correlacionada, obtenida correlacionando la señal suministrada como salida desde el receptor secundario (11) que tiene la magnitud más grande de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario (10), de la señal suministrada como salida desde el receptor primario ((10), a fin de producir una señal primaria mejorada.
- 35 7.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la etapa de minimización comprende, de manera adicional, restar la potencia de señal correlacionada obtenida correlacionando la señal suministrada como salida desde el receptor secundario (11) que tiene la magnitud más grande de correlación de potencia con la potencia de señal suministrada como salida desde el receptor primario (10), de la señal suministrada como salida desde cada uno de los receptores secundarios (11), a fin de producir señales secundarias modificadas.
- 40 8.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual el factor de ponderación para cada señal modificada procedente de cada uno de los receptores secundarios (11), se recalcula dependiendo del nivel o grado de correlación de potencia de cada señal modificada con la señal primaria mejorada.
- 45 9.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual los receptores secundarios (11) que experimentan niveles de ruido de perturbación intencionada para los que el grado de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario (10), se encuentra por debajo del umbral, son excluidos de la etapa de minimización.
- 10.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual las señales suministradas como salida desde cada uno de los receptores secundarios (11) se clasifican por orden del grado de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario (10).
- 11.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la etapa de minimización se termina si no hay ninguna señal procedente de un receptor secundario (11) que comprenda un grado de correlación de potencia con el receptor primario (10) que se encuentre por encima del valor de umbral.
- 50 12.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el valor de umbral se ajusta de manera que se encuentre justo por encima del ruido térmico.

13.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, de tal manera que dicho procedimiento es un procedimiento iterativo que finaliza si la señal suministrada como salida desde cada receptor secundario (11) comprende un grado de correlación de potencia con la señal suministrada como salida desde el receptor primario (10), que se encuentra por debajo del valor de umbral.

5 14.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual, en cada estadio de la iteración, la señal suministrada como salida desde cada receptor secundario (11) queda descorrelacionada con la señal suministrada como salida desde el receptor primario (10).

15.- Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el sistema receptor es un sistema de RADAR.

10

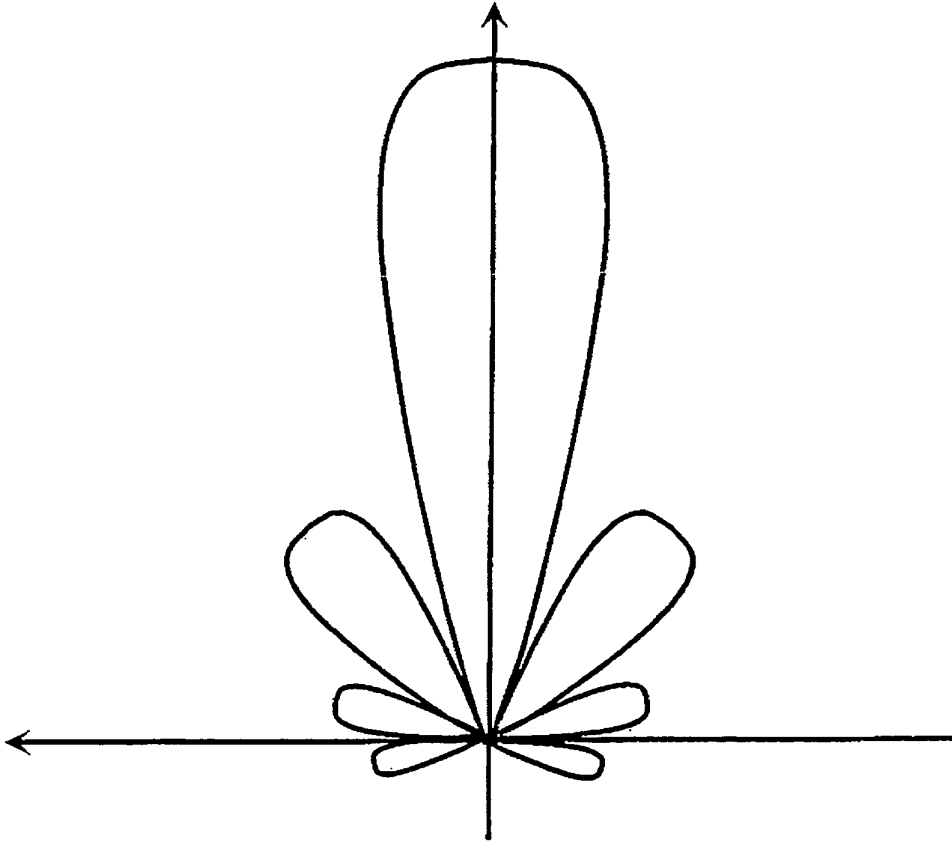


Figura 1

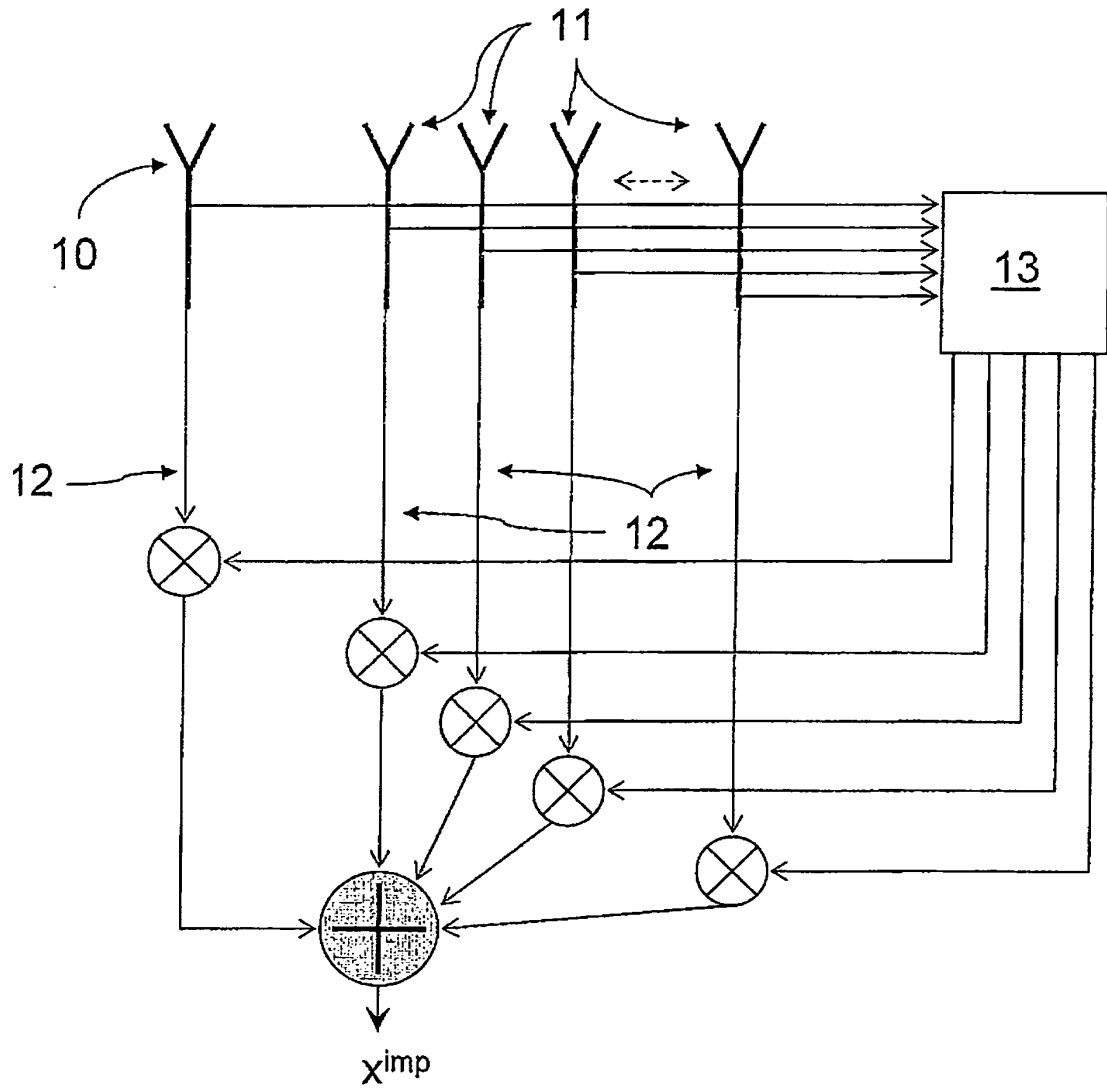


Figura 2