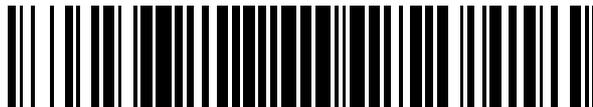


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 604**

51 Int. Cl.:
G01S 13/00 (2006.01)
G01S 13/48 (2006.01)
G01S 13/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09772442 .1**
96 Fecha de presentación: **30.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2300847**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.03.2011**

54 Título: **Procedimientos y sistemas de emisión codificada y de recepción de antenas, particularmente para radar**

30 Prioridad:
03.07.2008 FR 0854537

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.10.2012

73 Titular/es:
ANTHEOP (100.0%)
Chemin de Fuveau Plan d'Escale
13530 Trets, FR

72 Inventor/es:
GOUTELARD, CLAUDE

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 389 604 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

Procedimientos y sistemas de emisión codificada y de recepción de antenas, particularmente para radar.

La presente invención se refiere de manera general a procedimientos y sistemas de emisión y de recepción de antenas para sistemas de teledetección, particularmente el radar. Más particularmente, se refiere a una detección más allá del horizonte mediante ondas superficiales y utilizando la combinación de las propiedades de los sistemas de antenas y de las codificaciones de señales que presentan propiedades de ortogonalidad.

Tal procedimiento encuentra aplicación en la detección de objetivos más allá del horizonte mediante los sistemas de radares de ondas superficiales de tipo HFSWR ("High Frequency Surface Wave Radar", en inglés – Radar de Onda Superficial de Alta Frecuencia). Un sistema de radar HFSWR está esencialmente limitado por el eco parásito debido a la superficie terrestre, particularmente en el caso de la detección de navíos para los cuales el eco útil está localizado, en el espacio de distancia doppler, en el eco parásito del mar, llamado por los especialistas "espectro de mar". El eco parásito, ya sea debido al mar (espectro marino) o a otra causa se llamará en esta memoria eco parásito. Los ecos de objetivos se encuentran enmascarados por el eco parásito cuya importancia está en relación directa con la dimensión de la celda de radar definida por las dimensiones geométricas del volumen en el cual las ondas de radares susceptibles de ser difundidas pueden, en un instante dado, participar en la formación de la señal recibida por el sistema de radar.

Teniendo en cuenta las posibilidades materiales de implantación de los sistemas de radares HFSWR, las celdas de radares siguen siendo, en la técnica anterior, demasiado grandes para alcanzar los objetivos deseados por los usuarios. Para alcanzar estos objetivos, es necesario reducir las dimensiones de estas celdas en un factor de algunas decenas a algunas centenas.

Para reducir las dimensiones de la celda de resolución de radar, la técnica anterior conduce a aumentar las dimensiones de los sistemas de antenas de recepción, que son los más voluminosos, cuando es posible, lo que conduce a sistemas geoméricamente más grandes y a la utilización de un gran número de antenas. Las limitaciones de esta extensión son aportadas por varios factores que pueden intervenir separada o simultáneamente y que constituyen inconvenientes de la técnica anterior: el volumen en el suelo, las dimensiones del frente de onda en el sitio de recepción, la complejidad de los tratamientos ligada al número de antenas.

Por otra parte, en otro dominio relativo a la asignación de recursos en una red de comunicación de acceso múltiple por división de espacio (SDMA-MIMO, la solicitud de patente WO 2007/124460 A propone conjuntos de antenas de emisión asociadas respectivamente a diagramas de radiación que están repartidos en el espacio sensiblemente sin superposición y que están asociados a señales diferentes.

La invención se dirige a remediar los inconvenientes citados anteriormente y más particularmente a reducir las dimensiones de celdas de resolución de radares en un factor que puede variar de aproximadamente 50 aproximadamente a 500 para mejorar las capacidades de detección de los sistemas de radares sin imponer al sistema de antenas de recepción dimensiones importantes.

Con este fin, un procedimiento de teledetección de acuerdo con la invención para emitir señales de base que presentan propiedades de ortogonalidad mediante antenas de emisión en un sistema de emisión y recibir las señales de base mediante varias antenas de recepción en un sistema de recepción, es tal como el caracterizado de acuerdo con la reivindicación 1.

La invención se refiere también a sistemas de emisión y de recepción para la teledetección que comprenden varias antenas de emisión para emitir señales de base que presentan propiedades de ortogonalidad y varias antenas de recepción para recibir las señales de base. El sistema de emisión se caracteriza porque comprende un medio para formar diagramas de radiación de emisión para emitir respectivamente las señales de base mediante todas las antenas de emisión, estando cada diagrama de radiación de emisión asociado a una señal de base respectiva que va a ser emitida por todas las antenas de emisión y comprendiendo lóbulos de radiación principales alternados con lóbulos de radiación secundarios, estando los lóbulos de radiación principales de los diagramas de radiación de emisión sensiblemente alternados y yuxtapuestos en el espacio. El sistema de recepción está caracterizado porque comprende un medio para formar diagramas de radiación de recepción en una zona de recepción con el fin de recibir las señales de base por cada una de las antenas de recepción y seleccionar los lóbulos principales del diagrama de radiación de emisión asociado a una señal de base gracias a las propiedades de ortogonalidad de las señales de base, siendo el número de diagramas de radiación de recepción al menos igual al número de celdas que están contenidas en la zona de recepción, que están cubiertas por los lóbulos de radiación principales de uno de los diagramas de radiación de emisión y que están situadas a una distancia biestática dada de los sistemas de emisión y de recepción.

La invención es aplicable en las técnicas de radares en general, así como en los sondeos de canales, en los sistemas de detección mediante sonar, en los sistemas de localización mediante radio o en la radiografía de órganos en aplicaciones médicas o de estructuras en las aplicaciones industriales. Todas las aplicaciones citadas anteriormente se basan en el análisis de celdas espaciales en las que es necesario reducir las dimensiones para aumentar los rendimientos.

El sistema de emisión de antenas es apto para producir una radiación radioeléctrica caracterizada por ejemplo en un plano determinado, por ejemplo horizontal que pasa por el sistema de emisión y el sistema de recepción, por máximos de densidad superficial de energía radiada que están sensiblemente yuxtapuestos según un reparto predeterminado en el plano predeterminado de manera que cubre una zona de recepción vigilada que puede cubrir parcial o totalmente el plano predeterminado. Los máximos corresponden a los lóbulos de radiación principales asociados a las señales de base radioeléctricas. Para cada señal de base, los máximos de energía radiada están comprendidos en sectores angulares cónicos cuya cúspide es el lugar de emisión y que están repartidos regular y periódicamente en el espacio. Los máximos de energía de la señal de base están separados por sectores angulares cónicos de radiación mínima que corresponden a los lóbulos de radiación secundarios en los cuales la densidad superficial de energía es muy inferior a la existente en los sectores angulares cónicos en los que están situados los máximos de densidad de energía correspondientes a los diagramas de radiación principales. El diagrama de radiación asociado con una señal de base en el plano predeterminado se denomina "diagrama estratificado".

El sistema de emisión de antenas puede producir dos o más diagramas de radiación estratificados diferentes que están sensiblemente yuxtapuestos, es decir, son disjuntos, o están pegados, o son no disjuntos, en la práctica con lóbulos principales yuxtapuestos o que se superponen sensiblemente lateralmente, con el fin de iluminar el conjunto desde el lugar de emisión donde está instalado el sistema de emisión, la totalidad de una zona de recepción de antenas de acuerdo con la invención. Los diagramas de radiación de emisión son distintos en azimut y zenit y tienen lóbulos de radiación principales secantes a la zona de recepción vigilada.

Las señales de base pueden ser numéricas o analógicas y deben poseer propiedades de ortogonalidad específicas para mejorar la determinación de las células de radar en el sistema de recepción. A este respecto, las antenas de emisión pueden emitir las señales de base simultánea y periódicamente, o sucesivamente y cilíndricamente en intervalos que las separan temporalmente dos a dos. En el sistema de recepción, las señales de base, en tanto que señales de referencia, son respectivamente asociadas a operadores matemáticos respectivos, que pueden ser, por ejemplo, correlaciones.

De acuerdo con una primera propiedad de ortogonalidad, las señales de base son ortogonales dos a dos. Esto significa que cuando el sistema de recepción recibe en todo o en parte señales de base a las cuales se les ha aplicado un operador matemático asociado a una antena de base respectiva elegida como señal de referencia, el resultado de la aplicación es independiente de la presencia o de ausencia en todo o de parte de las señales de base recibidas distintas de la señal de referencia.

De acuerdo con una segunda propiedad de ortogonalidad, cada señal de base es ortogonal a sí misma desfasada temporalmente. Esto significa que cuando el sistema de recepción recibe una réplica de una señal de base a la cual se le ha aplicado el operador matemático asociado a la señal de base respectiva elegida como señal de referencia y que está desfasada en el dominio temporal un valor no nulo con relación a la señal de referencia, el resultado de la aplicación es nulo cualquiera que sea el desfase temporal no nulo.

Estas dos propiedades de ortogonalidad son utilizadas para discriminar las señales de base en los medios para formar diagramas de recepción en el sistema de recepción. A este respecto, el sistema de recepción puede comprender medios para ponderar señales captadas por las antenas de recepción, siendo la señal captada por una antena de recepción ponderada para producir tantas señales ponderadas como diagramas de radiación de recepción, y medios para discriminar en señal de base y distancia biestática en el conjunto de las señales ponderadas, por una parte celdas que tienen una distancia biestática constante, por otra parte para una distancia biestática dada, celdas asociadas a una de las señales de base discriminables por sus propiedades de ortogonalidad.

La señal global emitida por el conjunto de las antenas de emisión y repartida en el espacio está definida por diagramas de radiación de emisión estratificados correspondientes respectivamente a señales de base que iluminan cada una el espacio. Un diagrama estratificado se dice que está asociado a una señal de base respectiva cuya radiación está definida por el diagrama estratificado.

Desde el lugar de recepción en el que se encuentra el sistema de recepción, aparece un mallado incompleto del espacio definido por celdas de radar y creado por los diagramas de radiación estratificados asociados a las señales de base utilizadas y por el tiempo de propagación biestático entre el lugar de emisión y el lugar de recepción. Para un tiempo de propagación biestático dado, o para una distancia biestática dada, entre el lugar de emisión y el lugar de recepción en un sistema de radar biestático, el mallado corresponde a celdas de radar de propagación situadas

sobre un semi-elipsoide dado sobre el cual el tiempo de propagación biestático dado igual a la suma del tiempo de propagación entre el lugar de emisión y una celda de radar y el tiempo de propagación entre la celda de radar y el lugar de recepción es constante. En el sistema de recepción, las celdas de radar son distinguibles unas de otras con relación a los diagramas de emisión estratificados sensiblemente disjuntos aplicando la primera propiedad de ortogonalidad, y de tiempo de propagación biestático constante sobre un semi-elipsoide aplicando la segunda propiedad de ortogonalidad. Las celdas de radar que, para una señal de base dada elegida como señal de referencia dada y para un tiempo de propagación biestático dado, no pueden distinguirse, constituyen celdas de radar siamesas asociadas a la señal de referencia dada y al tiempo de propagación biestático dado y constituyen en la zona de recepción vigilada un mallado muy incompleto del espacio geométrico sobre una parte del semi-elipsoide asociada al tiempo de propagación biestático dado.

El sistema de antenas de recepción separa celdas de radar siamesas que están asociadas a una señal de base dada y a un tiempo de propagación biestático dado y que están repartidas sobre un mallado muy incompleto, por medio de diagramas de radiación de recepción diferentes en la zona de recepción vigilada. La distancia angular entre dos celdas de radar siamesas asociadas a la señal de base dada y al tiempo de propagación biestático dado y vistas desde el lugar de recepción es importante. Las celdas de radar siamesas asociadas a la señal de base dada y al tiempo de propagación biestático dado constituyen un conjunto discreto en la zona de recepción vigilada siguiendo las direcciones azimutales y cenitales bajo la cual las celdas de radar siamesas son vistas desde el lugar de recepción. Estas direcciones azimutales y cenitales localizan celdas de radar siamesas asociadas a la señal de base dada y al tiempo de propagación biestático dado en el sistema de propagación. El sistema de antenas de recepción forma simultáneamente P diagramas de radiación de recepción, pudiendo o no cada diagrama de radiación de recepción poseer al menos un lóbulo de radiación principal contenido en la zona de recepción.

Los diagramas de radiación de recepción pueden ser estratificados como los diagramas de emisión. Así, de acuerdo con la invención, los diagramas de radiación comprenden cada uno lóbulos de radiación principales alternados con lóbulos de radiación secundarios que pueden estar formados por una de las pluralidades de las antenas de emisión y de las antenas de recepción, estando los lóbulos de radiación principales asociados a las señales de base sensiblemente yuxtapuestos en el plano predeterminado.

Si M es el número de celdas de radar siamesas contenidas en la zona de recepción vigilada y situadas en la intersección de sectores angulares cubiertos por lóbulos de radiación principales del diagrama de radiación de emisión asociado a la señal de base dada y de un semi-elipsoide definido por el tiempo de propagación dado entre el sistema de emisión y una celda de radar y el tiempo de propagación entre la celda y el sistema de recepción, el número P de diagramas de radiación de recepción formados por el sistema de antenas de recepción es al menos igual a M, es decir es igual o superior a M.

La señal que puede ser reenviada por cada celda es determinada utilizando las propiedades de ortogonalidad que permiten mediante el operador matemático asociado a la señal de base dada en primer lugar discriminar mediante la primera propiedad de ortogonalidad las celdas asociadas a señales de base diferentes de la señal de base dada elegida como señal de referencia, y después separar mediante la segunda propiedad de ortogonalidad las celdas asociadas a la señal de base dada y que tienen un tiempo de propagación biestático dado de las asociadas a la señal de base dada y que tienen tiempos de propagación biestáticos diferentes del tiempo de propagación biestático dado. Las celdas de radar, llamadas celdas siamesas, asociadas a la señal de base dada y que tienen el mismo tiempo de propagación biestático dado son separadas mediante el escrutinio de la zona de recepción mediante diagramas de recepción diferentes del sistema de antenas de recepción que son en número igual o superior al número de celdas de radar en la zona de recepción.

El espacio cubierto por cada señal de base es explorado por el sistema de antenas de recepción haciendo variar sucesivamente todos los tiempos de propagación biestáticos para cubrir todo el espacio iluminado por la señal de base en la intersección con la zona de recepción.

La exploración completa de la zona de recepción vigilada se obtiene repitiendo las operaciones citadas anteriormente para todas las señales de base utilizadas.

Finalmente, la invención se refiere a programas de ordenador aptos para ser puestos en práctica respectivamente en un sistema de emisión que comprende varias antenas de emisión para emitir señales de base que presentan propiedades de ortogonalidad y en un sistema de recepción que comprende varias antenas de recepción para recibir las señales de base. Los citados programas están caracterizados porque comprenden instrucciones que, cuando los programas son ejecutados en el sistema de emisión y el sistema de recepción, ponen en práctica el procedimiento de emisión y de recepción de acuerdo con la invención.

Otras características y ventajas de la presente invención resultarán más claramente evidentes con la lectura de la descripción siguiente de varias realizaciones de la invención dadas a título de ejemplos no limitativos, en referencia a los dibujos adjuntos correspondientes en los cuales:

- la figura 1 muestra esquemáticamente en un plano predeterminado horizontal un diagrama de radiación de emisión estratificado y una zona de recepción en sector angular para un sistema de radar biestático de acuerdo con la invención;
- 5 - la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de emisión de antenas de acuerdo con la invención;
- la figura 3 es el diagrama de radiación de emisión estratificado producido mediante el sistema de emisión de acuerdo con la figura 2;
- la figura 4 es análoga a la figura 1, pero con seis diagramas de radiación de emisión estratificados yuxtapuestos, mostrándose solamente dos lóbulos principales de cada diagrama de radiación;
- 10 - la figura 5 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de recepción de acuerdo con la invención;
- la figura 6 es un diagrama de bloques esquemático de una etapa de recepción de discriminadores en el sistema de recepción;
- la figura 7 es análoga a la figura 1, pero con un diagrama de radiación de recepción estratificado; y
- 15 - la figura 8 es un diagrama temporal de emisiones cíclicas de señales de base en otra realización del sistema de emisión.

En referencia a las figuras 1, 2 y 5, un sistema de radar biestático SEM-SRE, por ejemplo un sistema de radar de onda superficial HFSWR, por ejemplo para una detección de objetivos por onda superficial más allá del horizonte, comprende un sistema de emisión SEM de varias antenas de emisión AE y un sistema de recepción SRE de varias antenas de recepción AR. El sistema de emisión está situado en un lugar de emisión situado por ejemplo a $D = 250$ km del lugar de recepción en el cual está situado el sistema de recepción.

El sistema de emisión SEM produce al menos una señal radioeléctrica definida mediante un diagrama de radiación de emisión estratificado asociado a una señal de base SB_n , cuando esta última es aplicada simultáneamente bajo condiciones predeterminadas a las antenas de emisión AE, como se verá más tarde. El diagrama de radiación de emisión estratificado asociado a la señal de base SB_n está definido esencialmente por lóbulos de radiación principales LP_n que son mostrados solamente en la figura 1. No obstante el sistema de emisión SEM produce lóbulos de radiación principales LP_1 a LP_N de N diagramas de radiación de emisión estratificados asociados respectivamente a señales de base SB_1 a SB_N que presentan propiedades de ortogonalidad entre sí, siendo $1 \leq n \leq N$. Los lóbulos principales LP_1 a LP_N aparecen como sectores angulares cónicos que tienen un ángulo en la cúspide predeterminado en un plano de radiación predeterminado, por ejemplo que pasa por el lugar del sistema de emisión SEM. La figura 1 está situada en un plano horizontal de radiación que pasa a la vez por los lugares de emisión y de recepción.

El sistema de emisión SEM de la invención que produce diagramas de radiación estratificados puede presentar una estructura de antenas que pertenece a la clase conocida de las redes de antenas de diagramas de radiación ambiguos, llamadas también redes ambiguas. Por ejemplo, una red ambigua se obtiene a partir de una red lineal de S antenas AE_1 a AE_S , siendo $2 \leq S$, en el cual las antenas están separadas unas de otras por una distancia DA superior a $\lambda/2$, donde λ es la dimensión de onda de una portadora modulada por las señales de base emitidas.

En la figura 2 relativa a una primera realización del sistema de emisión SEM están representados solamente de manera esquemática bloques funcionales que aseguran funciones útiles para la comprensión de la invención y que tienen una vinculación con ésta. Estos bloques funcionales pueden corresponder a módulos materiales dedicados o programables y/o a módulos lógicos implementados en al menos un microprocesador.

El sistema de emisión SEM comprende $S = 7$ antenas AE_1 a $AE_S = AE_7$ separadas regularmente $DA = 12,5 \lambda$, por ejemplo. El sistema de emisión SEM comprende además etapas de emisión EM y circuitos ponderadores CPE_1 a CPE_S interconectados respectivamente entre la salida de un distribuidor de potencia en etapas de emisión EM y entradas de las antenas AE_1 a AE_S . Un circuito ponderador CPE_s , siendo $1 \leq s \leq S$, pondera la amplitud y/o la fase de las señales de base $SB_1, \dots, SB_n, \dots, SB_N$ distribuidas respectivamente mediante las etapas de emisión EM con coeficientes de ponderación complejos respectivos $w_{1,s}, w_{n,s}, \dots, w_{N,s}$. La señal de base SB_n distribuida a las antenas AE_1 a $AE_S = AE_7$ está ponderada respectivamente por coeficientes de ponderación complejos $w_{n,1}$ a $w_{n,s} = w_{n,7}$ en los circuitos ponderadores CPE_1 a CPE_S con el fin de que las antenas AE_1 a AE_S emitan una señal radioeléctrica caracterizada por un diagrama de radiación estratificado de acuerdo con la invención y asociado a la señal de base SB_n . Esto asegura una protección suficientemente importante sobre los lóbulos secundarios de los diagramas y permite la orientación de los lóbulos principales LP_n asociados a la señal de base SB_n . Cuanto mayor

sea la distancia DA entre las antenas, más aumenta el número de lóbulos principales de los diagramas de radiación de emisión estratificados.

En esta primera realización, las señales de base están constituidas por familias de señales de base ortogonales de correlación perfecta o casi perfecta que son emitidas por el sistema de emisión SEM simultáneamente por adición de las señales de base o simultáneamente por entrelazado de las señales de base.

En la figura 3 están yuxtapuestos dos diagramas de radiación estratificados en lóbulos principales LPn y LPm respectivamente asociados a dos señales de base distintas SBn y SBm a las cuales han sido aplicados coeficientes de ponderación complejos $w_{n,1}$ a $w_{n,s}$ y $w_{m,1}$ a $w_{m,s}$ por los circuitos ponderadores CPE1 a CPEs. La protección sobre los lóbulos secundarios LS es de 26 dB. El diagrama de lóbulos principales LPn está orientado para situar un lóbulo principal siguiendo la dirección de 0 grados. El otro diagrama de lóbulos principales LPm está orientado para situar un lóbulo principal según la dirección de 1,2 grados.

El experto comprenderá que estos diagramas de radiación incompletos pueden ser obtenidos por otros sistemas de emisión cuyas antenas presentan otros repartos lineales, superficiales o volumétricos, regulares o irregulares. Por ejemplo, el sistema de emisión puede comprender una red de antenas que sigue una estructura irregular tal como una estructura fractal según el artículo "THÉORIE FRACTALE DES GRANDS RÉSEAUX D'ANTENNES LACUNAIRES" C. GOUTELARD, AGARD Conference Proceedings 528, Radiolocation Techniques, Londres, 1-5 de Junio de 1992.

El sistema de recepción de antenas SRE vigila una o varias zonas de recepción. En la figura 1, se supone que el sistema de recepción no vigila más que una sola zona de recepción cónica ZR que es secante al menos a uno de los lóbulos de radiación principales del diagrama de radiación de emisión estratificado asociado a cada señal de base SBn. En la práctica, la zona de recepción ZR asociada es secante a varios lóbulos de radiación principales asociados a cada señal de base.

En la figura 1 se representan igualmente de manera parcial a trazos finos las trazas elípticas paralelas de semi-elipsoides EL que tienen por focos el sistema de emisión SEM y el sistema de recepción SRE. Cada semi-elipsoide EL está definido por una superficie sobre la cual toda la celda de radar CE recibe una señal radioeléctrica del sistema de emisión SEM y es susceptible de difundirla hacia el sistema de recepción SRE durante un tiempo de propagación biestático dado respectivo t_p , correspondiente a una distancia biestática. El tiempo de propagación biestático dado t_p igual a la suma del tiempo de propagación entre el sistema de emisión SEM y la celda de radar CE y el tiempo de propagación entre la celda de radar CE y el sistema de recepción SRE es constante para toda la celda de radar sobre la superficie del elipsoide EL.

Los semi-elipsoides se convierten en semi-esferas cuando el sistema de radar SEM-SRE es monoestático, es decir los sistemas de emisión y de recepción están situados en el mismo lugar, o semi-elipsoides casi como semi-esferas cuando los sistemas de emisión y de recepción están próximos de tal manera que la distancia que los separa sigue siendo pequeña frente a las distancias de las celdas contenidas en la zona de recepción vigilada.

Zonas de resolución de distancia extendidas ZDE una de las cuales está representada en la figura 4 están definidas entre los semi-elipsoides EL tales que la diferencia de los tiempos de propagación biestáticos sea igual a la resolución temporal, por ejemplo 1,5 km del radar. La intersección de una zona de resolución de distancia extendida ZDE y de la zona de recepción ZR determina una zona de resolución de distancia vigilada ZD correspondiente a un tiempo de propagación biestático respectivo t_p y también a una resolución temporal elegida.

Las intersecciones de una zona de resolución de distancia extendida elipsoidal ZDE y de los lóbulos de radiación principales LPn definen celdas de radar siamesas CESn asociadas a la señal de base SBn y al tiempo de propagación biestático t_p que define la zona ZDE, como se representa en la figura 4. Las celdas de radar siamesas CESn asociadas a la señal de base SBn y al tiempo de propagación biestático t_p y situadas en la zona de recepción ZR son zonas geográficas comunes a la zona de resolución de distancia ZD, a los lóbulos principales LPn del diagrama estratificado asociado a la señal de base SBn y a la zona de recepción ZR del diagrama de radiación del sistema de recepción de antenas SRE, como se representa en la figura 1.

El sistema de radar de la invención delimita las celdas de radar siamesas CESn, particularmente por la delimitación espacial aportada por los lóbulos principales LPn, del diagrama de emisión estratificado asociado a la señal de base SBn en el sistema de emisión de antenas SEM, de la zona de recepción ZR del sistema de recepción de antenas SRE y por la ortogonalidad de las señales de base previstas en el sistema de emisión.

En referencia a la figura 5 relativa a una realización del sistema de recepción SRE sólo se representan esquemáticamente bloques funcionales que aseguran funciones útiles para la comprensión de la invención y que tienen una vinculación con ésta. Estos bloques funcionales pueden corresponder a módulos materiales dedicados o programables y/o a módulos lógicos implementados al menos en un microprocesador.

El sistema de recepción SRE comprende varias antenas de recepción, por ejemplo $U = 4$ antenas AR1 a AR4 y P etapas de recepción RE1 a RE4 asociadas respectivamente a P diagramas de antena de recepción para discriminar celdas siamesas sobre un semi-elipsoide EL relativas a cada diagrama de emisión estratificado y por consiguiente a cada señal de base SBn. En el sistema de recepción SRE, cada antena de recepción ARu, siendo $1 \leq u \leq U$, distribuye la señal que recibe a las P etapas de recepción RE1 a REP respectivamente a través de los circuitos ponderadores CPR1,u a CPRP,u.

Los U circuitos ponderadores CPRp,1 a CPRp,U conectados a una etapa de recepción REp, siendo $1 \leq p \leq P$, ponderan la amplitud y/o la fase de las señales captadas por las antenas AR1 a ARU respectivamente mediante coeficientes de ponderación complejos vp,1 a vp,U que definen la orientación angular de un diagrama de recepción respectivo. La etapa de recepción REp está asociada a un caso de posicionamiento angular de celdas de radar cubiertas por al menos un lóbulo principal del diagrama de recepción respectivo. A este respecto, como se muestra en la figura 6, la etapa de recepción REp comprende N discriminadores paralelos DISp,1 a DISp,N para discriminar en señal de base y tiempos de propagación biestáticos en el conjunto de las señales ponderadas recibidas esencialmente en una zona de recepción respectiva. Cada discriminador DISp,n de la etapa de recepción REp está asociado a una señal de base SBn como señal de referencia Sref para discriminar en el eco parásito señales ponderadas recibidas según la zona de recepción, teniendo por una parte las celdas de radar un tiempo de propagación biestático constante y por consiguiente una distancia biestática constante, por otra parte para un tiempo de propagación biestático dado, las celdas de radar siamesas asociadas a la señal de base SBn entre las señales de base SB1 a SBN discriminables por sus propiedades de ortogonalidad. Los discriminadores DISp,1 a DISp,N distinguen así las celdas de radar asociadas a las señales de base SB1 a SBN según una zona de recepción respectiva y para tiempos de propagación biestáticos diferentes.

Cada uno de los discriminadores DIS1,n a DIS p,n en el sistema de recepción SRE selecciona los lóbulos principales LPn del diagrama estratificado apropiado para su señal de base SBn gracias a las propiedades de ortogonalidad primera y segunda de las señales de base SB1 a SBN. El sistema de recepción conoce a priori las señales de base SB1 a SBN, por ejemplo como secuencias numéricas predeterminadas, que como señales de referencia son leídas periódicamente en la memoria del sistema de recepción y aplicadas respectivamente a los discriminadores. Poniendo en práctica la primera propiedad de ortogonalidad relativa a la ortogonalidad de las señales de base dos a dos, cada uno de los discriminadores DIS1,n a DISp,n que funcionan por ejemplo como un relacionador o un dispositivo de convolución selecciona la señal de base SBn en la señal mezclada recibida por la etapa de recepción respectiva RE1 a REP, independientemente del hecho de que la señal mezclada contiene en todo o en parte otras señales de base recibidas SB1 a SBn-1 y SBn+1 a SBN. Los discriminadores DIS1,n a DISp,n seleccionan así las celdas de radar en la intersección de los lóbulos de radiación principales de emisión LPn y de la zona de recepción ZR recubierta por los diagramas de recepción.

En el caso de una detección de acuerdo con la técnica anterior con un sistema de radar monoestático situado en el lugar de recepción, la celda de recepción está limitada por el lóbulo principal de la red de recepción y la resolución temporal. En la figura 1, la zona de recepción ZR ha sido elegida vecina del lóbulo principal del diagrama de recepción utilizado de acuerdo con la técnica anterior. La resolución temporal de acuerdo con la técnica anterior es menor que la alcanzada en la invención puesto que las señales conocidas utilizadas no confieren los rendimientos de detección que se obtienen con las señales de base utilizadas en la invención. Los lóbulos principales de los diagramas de emisión estratificados de acuerdo con la invención conjugados a las señales de base utilizadas en la invención contribuyen a reducir la resolución temporal en un factor Kr del orden de 3 a 5 y en el mismo factor la dimensión de las celdas de radar obtenidas con la invención. Una celda de radar obtenida de acuerdo con la técnica anterior está representada en la figura 1 en la intersección del espacio entre la zona de recepción ZR y dos semi-círculos centrados en el sistema de recepción SRE y distante un incremento de resolución a una distancia de 15 km por ejemplo.

La figura 4 muestra parcialmente un ejemplo de mallado de celdas de radar obtenido de acuerdo con la invención con las hipótesis tomadas para la figura 1, mediante la utilización del conjunto de las señales de base y del tratamiento asociado en el sistema de radar SEM-SRE. El mallado parcial está en la intersección de la zona de recepción ZR, de una zona de resolución de distancia elipsoidal extendida ZDE para un tiempo de propagación biestático dado tp y de lóbulos principales LP1 a LPN = LP6 yuxtapuestos y entrelazados. Con el fin de no sobrecargar la figura 4, los lóbulos principales LP1 a LPN se muestran sobre dos periodos angulares de $N = 6$ diagramas estratificados atribuidos a diferentes señales de base SB1 a SBN = SB6. Los lóbulos principales son, como se ha indicado precedentemente, discriminables por la ortogonalidad de las señales de base en los discriminadores DIS1,1 a DISp,N.

Las diferentes celdas de radar siamesas CES1 a CESN asociadas a un tiempo de propagación biestático tp y a todas las señales de base SB1 a SBN mallan la zona de resolución de distancia ZD. Las celdas de radar siamesas respectivamente asociadas a los pares (SB1, tp) a (SBN, tp) son separables siempre que las señales de base a las que están asociadas sean diferentes.

En la figura 4 se representa igualmente la zona de resolución de distancia extendida ZDE correspondiente a un tiempo de propagación biestático dado t_p y a una resolución de distancia elegida extendida al espacio susceptible de ser vigilado. Las celdas de radar siamesas $CES_n = CES_1$ asociadas al par (SB_n, t_p) están situadas en la intersección de la zona de resolución de distancia extendida ZDE y de los lóbulos principales LP_n del diagrama de emisión estratificada asociado a la señal de base SB_n .

La misma celda de radar siamesa $CES_{n,m}$ asociada al par (SB_n, t_p) y cubierta por la zona de recepción ZR es apropiada para difundir hacia el sistema de recepción SRE una señal:

$$SR_{n,m} = \alpha_{nm} \times SER_{n,m} \times SB_n(t_p),$$

siendo α_{nm} una debilitación de propagación, y $SER_{n,m}$ la superficie equivalente de radar de la celda de radar siamesa $CES_{n,m}$ asociada al par (SB_n, t_p) . Este par define la réplica $SB_n(t_p)$ de la señal SB_n , desfasada temporalmente el tiempo de propagación biestático t_p .

El sistema de recepción de antenas SRE forma, por medio de las antenas AR1 a ARU y de los circuitos ponderadores CP1,1 a REP,U, P diagramas de radiación de recepción de lóbulos principales respectivos LP1 a LPP. Para una zona de recepción ZR que contiene M celdas de radar siamesas asociadas al par (SB_n, t_p) , por ejemplo dos celdas CES_n en la figura 4, siendo $M \leq P$, cada señal S_p captada por la red de antenas de recepción AR1 a ARU para el pésimo diagrama de recepción tratado mediante la etapa de recepción REP, siendo $1 \leq p \leq P$, se expresa como:

$$S_p = \sum_{m \in M} G_p(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}}) \times SR_{n,m} + T(SB_e, t_{p_e}).$$

$(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}})$ es la dirección angular en azimut $\theta_{r_{n,m}}$ y cénit $\varphi_{r_{n,m}}$ de la misma celda de radar

siamesa $CES_{n,m}$ asociada al par (SB_n, t_p) . $G_p(\theta_{r_{nm}}, \varphi_{r_{nm}})$ es la ganancia del pésimo diagrama de radiación de recepción según la dirección azimutal y cenital $(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}})$. La señal $T(SB_e, t_{p_e})$ representa la suma de todas las señales recibidas por el sistema de recepción de antenas y susceptibles de ser retrodifundidas por celdas de radar iluminadas por diagramas de emisión asociados a señales de base SB_1 a SB_{n-1} y SB_{n+1} a SB_N distintas de la señal SB_n y por celdas de radar iluminadas por el diagrama asociado a la señal de base SB_n y situadas en correspondencia a tiempos de propagación biestáticos t_{p_e} diferentes del tiempo de propagación dado t_p .

Los discriminadores $DIS_{1,n}$ a $DISP_n$ que utilizan la señal de base SB_n como señal de referencia eliminan mediante la primera propiedad de ortogonalidad precedentemente definida las celdas de radar que contribuyen a la formación de la señal $T(SB_e, t_{p_e})$ asociada a una o a varias señales de base distintas de la señal SB_n . Para el tiempo de propagación biestático dado t_p , los discriminadores $DIS_{1,n}$ a $DISP_n$ eliminan también las celdas de radar que contribuyen a la formación de la señal $T(SB_e, t_{p_e})$ y asociadas a la señal de base SB_n , y a tiempos de propagación biestáticos t_{p_e} distintos del tiempo de propagación biestático dado t_p , aplicando la segunda propiedad de ortogonalidad precedentemente definida, por ejemplo fundada sobre una autocorrelación, según la cual cada señal de base es ortogonal a sí misma desfasada temporalmente.

Las dos propiedades de ortogonalidad pueden ser obtenidas con familias de secuencias de símbolo codificadas que constituyen periódicamente y respectivamente las señales de base SB_1 a SB_N , tal que la función de intercorrelación entre las secuencias sea estrictamente nula cualquiera que sea el desfase temporal entre las secuencias y el carácter perfecto o casi perfecto de las funciones de intercorrelación y de autocorrelación aplicadas sobre las señales de base recibidas en los discriminadores. Las secuencias son emitidas cíclicamente modulando una portadora común en el sistema de emisión SEM. Una función de correlación de una secuencia se denomina casi perfecta si la función de correlación no es nula para todo punto que difiere del pico central de desfase nulo de la secuencia y de algunos puntos regularmente separados sobre la señal de correlación de un número predeterminado de símbolos. A título de ejemplo, las secuencias GQ (secuencias Q-arias de Goutelard) construidas según el artículo "LES SÉQUENCES GQ SÉQUENCES Q-AIRE ORTHOGONALES À CORRELATION PARFAITE", C. GOUTELARD, AGARD CONFERENCE PROCEEDINGS 574, SPP Symposium, "Digital Communications Systems: Propagation Effects, Technical Solutions, Systems Design", Atenas, Grecia, 18-21 de Septiembre de 1995, CP-574, satisfacen las propiedades de ortogonalidad primera y segunda.

Los discriminadores DIS1,n a DISP,n asociados a la señal de base SBn realizan por ejemplo una correlación, o una operación equivalente, como por ejemplo una convolución. El discriminador DISp,n proporciona una señal normalizada Rp,n del tipo:

$$R_{p,n} = \sum_{m \in M} K_{op} \times G_p(\theta_{r_{n,m}}, \varphi_{r_{n,m}}) \times \alpha_{n,m} \times SER_{n,i}$$

5 siendo Kop un coeficiente de transformación del operador matemático en los discriminadores DIS1,n a DISP,n entre la señal Sp y la señal Rp.

Para el tiempo de propagación biestático dado tp, los discriminadores DIS1,n a DISP,n proporcionan un sistema de P ecuaciones correspondiente a las P señales R1,n a RP,n medidas con los P diagramas de radiación de recepción, que tiene M incógnitas $\alpha_{n,1} \times SER_{n,1}$ a $\alpha_{n,M} \times SER_{n,M}$ asociadas a las celdas de radar siamesas CESn,1 a CESn,M asociadas al par (SBn, tp) y comprendidas en la zona de recepción vigilada, siendo el número P mayor o igual que M. Si P = M, el sistema de ecuaciones es determinado y constituye un sistema de Cramer. Si P > M, el sistema de ecuaciones es sobredeterminado y puede ser resuelto para aumentar la precisión de los cálculos.

10 Para cada uno de los tiempos de propagación biestáticos y por consiguiente para cada una de las distancias biestáticas, los discriminadores DIS1,n a DISP,n proporcionan un sistema de P ecuaciones correspondiente a las P señales R1,n a RP,n medidas con los P diagramas de radiación de recepción, que tiene tantas incógnitas como celdas de radar siamesas están asociada al par de la señal de base SBn y del citado cada uno de los tiempos de propagación biestáticos y comprendidos en la zona de recepción vigilada. El número P es mayor o igual que el número de celdas de radar siamesas citadas anteriormente.

20 De manera más general, todas las señales R1,1 a RP,N proporcionadas por los discriminadores DIS1,1 a DISP,N sirven para determinar todas las señales de base reenviadas por las celdas siamesas iluminadas por los lóbulos principales LP1 a LPN de los diagramas de emisión y situadas en la zona de recepción ZR.

De acuerdo con diversas realizaciones, el sistema de recepción puede cubrir una zona de recepción ZR más o menos amplia.

25 En la realización ilustrada en la figura 1, la zona de recepción ZR está limitada a una parte de la zona que se va a vigilar y la exploración de la zona de recepción vigilada es explorada por el sistema de recepción de antenas SRE mediante un conjunto de Q zonas de recepción que mallan la zona vigilada en su totalidad. Deben resolverse Q sistemas de ecuaciones lineales.

En la realización ilustrada en la figura 4, la zona de recepción ZR se extiende a toda la zona de recepción vigilada. Debe resolverse un solo sistema de ecuaciones lineales (Q=1).

30 En la realización ilustrada en la figura 7, la zona de recepción vigilada ZR está realizada con un conjunto de diagramas estratificados en la recepción en el cual se representan los lóbulos principales LPP, uno sólo alternado con lóbulos de radiación secundarios. Las antenas en el sistema de recepción pueden constituir una red incompleta o una red que produce diagramas de radiación ambiguos. Lóbulos principales de los diagramas de radiación de recepción estratificados son sensiblemente yuxtapuestos para cubrir la zona de recepción vigilada, de una manera análoga a la yuxtaposición de los lóbulos principales de los diagramas de emisión estratificados mostrados en la figura 4. Esta solución aumenta el número Q de sistemas de ecuaciones lineales, pero reduce el número de incógnitas de cada sistema de ecuaciones. Los lóbulos principales de cada diagrama de emisión pueden estar en un número cualquiera o reducirse a uno solo.

Las dimensiones del sistema de recepción de antenas SRE varían en función de la solución adoptada.

40 En la figura 1, se ha representado una zona de recepción ZR cuya dimensión es típicamente la de un lóbulo principal de recepción de un sistema de recepción de acuerdo con la técnica anterior. En la figura 4, se enumeran M = 12 celdas de radar siamesas asociadas al par (SBn = SB1, tp) en el cuadrante delimitado por la figura 4.

45 Las dimensiones de la zona de recepción permanecen sin cambios, pero el tamaño de las celdas de radar de acuerdo con la invención se ha reducido con relación a la técnica anterior, sea M x N = 72 de acuerdo con la figura 4. Esta reducción de acuerdo con la invención puede alcanzar varias centenas.

La invención llama a señales de base que deben poseer las propiedades de ortogonalidad primera y segunda citadas anteriormente. Toda señal que posee estas propiedades de ortogonalidad puede ser utilizada en la invención para formar una familia de señales de base.

El diagrama temporal de la figura 8 muestra una segunda realización para que el sistema de emisión SEM emita señales de base que tengan las propiedades de ortogonalidad primera y segunda.

5 Al principio de un ciclo de N periodos, el sistema de emisión emite una señal de base SB1 de duración T_{sb} seguida de una señal nula cuya duración es igual, o superior, al tiempo de propagación biestático máximo T_{pmax} para cubrir la zona de recepción vigilada. Después en el curso del periodo siguiente, el sistema de emisión emite una señal de base SB2 seguida de una duración al menos igual a T_{pmax} , después las otras señales de base separadas temporalmente dos a dos al menos T_{pmax} hasta la última señal de base SBN. Otro ciclo de emisiones sucesivas de las señales de base empieza a continuación parecido al descrito precedentemente.

La doble condición de ortogonalidad es respetada.

10 La primera ortogonalidad es respetada por la separación temporal de los diagramas de emisión estratificados que están asociados a las señales SB1 a SBN y no aparecen más que en instantes diferentes, cualquiera que sea el instante. El sistema de recepción no puede recibir más que una sola señal de base no nula a la vez. En este caso, las señales SB1, SBN pueden ser idénticas a una misma señal que presenta la segunda ortogonalidad.

15 La segunda ortogonalidad es respetada si cada señal de base no nula posee esta propiedad, es decir si sus réplicas son separables en el tiempo. Esta propiedad es satisfecha para un gran número de secuencias, pero igualmente para un simple impulso aislado. La señal de base no nula SB1 a SBN puede estar constituida por una secuencia o por una sucesión de secuencias idénticas o no, o por un impulso aislado, o por una sucesión de impulsos aislados.

20 Además de una reducción importante de una celda de radar, la invención procura una mejora importante de los rendimientos de cualquier sistema de detección, electromagnético o acústico, que se enfrenta al problema de la detección de un objetivo cuya firma debe ser extraída de una señal que contiene un eco parásito dependiente de la distancia de la celda de radar del sistema de detección. La invención procura igualmente una ganancia importante en cuanto a la discriminación espacial de los objetivos que pueden existir en la zona de recepción vigilada.

25 La invención encuentra numerosas aplicaciones en todos los sistemas de detección electromagnéticos tales como los radares, los sonares, los sistemas de radiolocalización, los sistemas de sondaje de canales, los sistemas de radiografía médica y los sistemas de radiografía industrial principalmente.

30 Las ventajas ofrecidas son particularmente importantes en los casos en los que es imposible, cualquiera que sea la razón, proporcionar a los sistemas de antenas, esencialmente al sistema de recepción de antenas que es muy a menudo el más voluminoso, las dimensiones que debería tener para alcanzar las resoluciones obtenidas con la invención y que no podrían ser alcanzadas en la técnica anterior, más que al precio del aumento considerable, en un factor de varias decenas, de las dimensiones del sistema de recepción de antenas.

35 La invención descrita aquí se refiere a un procedimiento de emisión y de recepción y a sistemas de emisión y de recepción para emitir señales de base que presentan propiedades de ortogonalidad mediante antenas de recepción en el sistema de recepción para recibir las señales de base. De acuerdo con una implementación, el procedimiento de emisión y de recepción de acuerdo con la invención está determinado por las instrucciones de programas de ordenador incorporados en los sistemas de emisión y de recepción. Los programas comprenden instrucciones de programa que, cuando los citados programas son ejecutados en los sistemas de emisión y de recepción cuyo funcionamiento es entonces accionado principalmente por la ejecución de los programas, realizan el procedimiento de emisión y de recepción de acuerdo con la invención.

40 En consecuencia, la invención se aplica igualmente a programas de ordenador, particularmente a programas de ordenador registrados sobre o en uno de los soportes de registro legibles por un ordenador y cualquier dispositivo de tratamiento de datos, adaptados para poner en práctica la invención. Estos programas pueden utilizar cualquier lenguaje de programación, y tener la forma de código de fuente, código de objeto o de código intermediario entre el código de fuente y el código de objeto tal como en una forma parcialmente compilada o en cualquier otra forma deseable para implementar el procedimiento de acuerdo con la invención.

45 Un soporte de registro puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar los programas.

REIVINDICACIONES

- 1 - Procedimiento de teledetección para emitir señales de base (SB1, SBN) que presenta propiedades de ortogonalidad mediante antenas de emisión (AE1, AES) en un sistema de emisión (SEM) y recibir las señales de base mediante varias antenas de recepción (AR1, ARU) en un sistema de recepción (SRE), caracterizado porque comprende
- 5 una formación de diagramas de radiación de emisión para emitir respectivamente las señales de base mediante todas las antenas de emisión (AE1, AES), estando cada diagrama de radiación de emisión asociado a una señal de base respectiva (SBn) que va a ser emitida por todas las antenas de emisión y que comprende lóbulos de radiación principales (LP1, LPN) alternados con lóbulos de radiación secundarios (LS), estando los lóbulos de radiación principales de los diagramas de radiación de emisión sensiblemente alternados y yuxtapuestos en el espacio, y
- 10 una formación de diagramas de radiación de recepción en una zona de recepción (ZR) con el fin de recibir las señales de base mediante cada una de las antenas de recepción (AR1, ARU) y seleccionar los lóbulos principales (LPn) del diagrama de radiación de emisión asociado a una señal de base (SBn) gracias a las propiedades de ortogonalidad de las señales de base (SB1, SBN), siendo el número de diagramas de radiación de recepción al menos igual al número de celdas (CESn,m) que están contenidas en la zona de recepción, que están cubiertas por los lóbulos de radiación principales (LPn) de uno de los diagramas de radiación de emisión y que están situados en una distancia biestática dada de los diagramas de emisión y de recepción.
- 15 2 – Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, según el cual las señales de base son ortogonales dos a dos.
- 3 – Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, según el cual cada señal de base es ortogonal a sí misma desfasada temporalmente.
- 4 – Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende emisiones de las señales de base sucesivas y cíclicas.
- 25 5 – Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, según el cual los diagramas de recepción recubren la zona de recepción (ZR).
- 6 – Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, según el cual al menos uno de los diagramas de recepción tiene varios lóbulos principales alternados con lóbulos de radiación secundarios.
- 7 – Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende en el sistema de recepción
- 30 ponderaciones de las señales captadas mediante las antenas de recepción (AR1, ARU), siendo la señal captada por una antena de recepción ponderada para producir tantas señales ponderadas como diagramas de radiación de recepción,
- una discriminación en señal de base y distancia biestática en el conjunto de las señales ponderadas para discriminar por una parte celdas que tienen una distancia biestática constante, por otra parte para una distancia biestática dada, celdas asociadas a una (SBn) de las señales de base discriminables por sus propiedades de ortogonalidad.
- 35 8 – Sistemas de emisión y de recepción para la teledetección que comprenden varias antena de emisión (AE1, AES) para emitir señales de base (SB1, SBN) que presentan propiedades de ortogonalidad y varias antenas de recepción (AR1, ARU) para recibir las señales de base, caracterizados porque
- 40 el sistema de emisión (SEM) comprende un medio (EM, CPE) para formar diagramas de radiación de emisión para emitir respectivamente las señales de base por todas las antenas de emisión (AE1, AES), estando cada diagrama de emisión asociado a una señal de base respectiva (SBn) para ser emitida por todas las antenas de emisión y comprendiendo lóbulos de radiación principales (LP1, LPN) alternados con lóbulos de radiación secundarios (LS), estando los lóbulos de radiación principales de los diagramas de radiación de emisión sensiblemente alternados y yuxtapuestos en el espacio, y
- 45 el sistema de recepción (SRE) comprende un medio (CPR) para formar diagramas de radiación de recepción en una zona de recepción (ZR) con el fin de recibir las señales de base para cada una de las antenas de recepción (AR1, ARU) y seleccionar los lóbulos principales (LPn) del diagrama de radiación de emisión asociado a una señal de base (SBn) gracias a las propiedades de ortogonalidad de las señales de base (SB1, SBN), siendo el número de diagramas de radiación de recepción al menos igual al número de
- 50

celdas (CES_{n,m}) que están contenidas en la zona de recepción, que están cubiertas por los lóbulos de radiación principales (LP_n) de uno de los diagramas de radiación de emisión y que están situadas a una distancia biestática dada de los sistemas de emisión y de recepción.

5 9 – Sistemas de emisión y de recepción de acuerdo con la reivindicación 8, donde el sistema de recepción (SRE) comprende

medios (CPR_{1,1}, CPRP,U) para ponderar señales captadas por las antenas de recepción (AR₁, ARU), siendo la señal captada por una antena de recepción (ARU) ponderada para producir tantas señales ponderadas como diagramas de radiación de recepción, y

10 medios (DIS_{p,n}) para discriminar en señal de base y distancia biestática en el conjunto de las señales ponderadas, por una parte celdas que tienen una distancia biestática constante, por otra parte para una distancia biestática dada, celdas asociadas a una (SB_n) de las señales de base discriminables por sus propiedades de ortogonalidad.

15 10 – Programas de ordenador aptos para ser puestos en práctica respectivamente en un sistema de emisión (SEM) que comprende varias antenas de emisión (AE₁, AES) para emitir señales de base (SB₁, SBN) que presentan propiedades de ortogonalidad y en un sistema de recepción (SRE) que comprende varias antenas de recepción (AR₁, ARU) para recibir las señales de base, estando los citados programas caracterizados porque comprenden instrucciones que, cuando los programas son ejecutados en el sistema de emisión y el sistema de recepción, accionan las etapas del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

FIG. 1

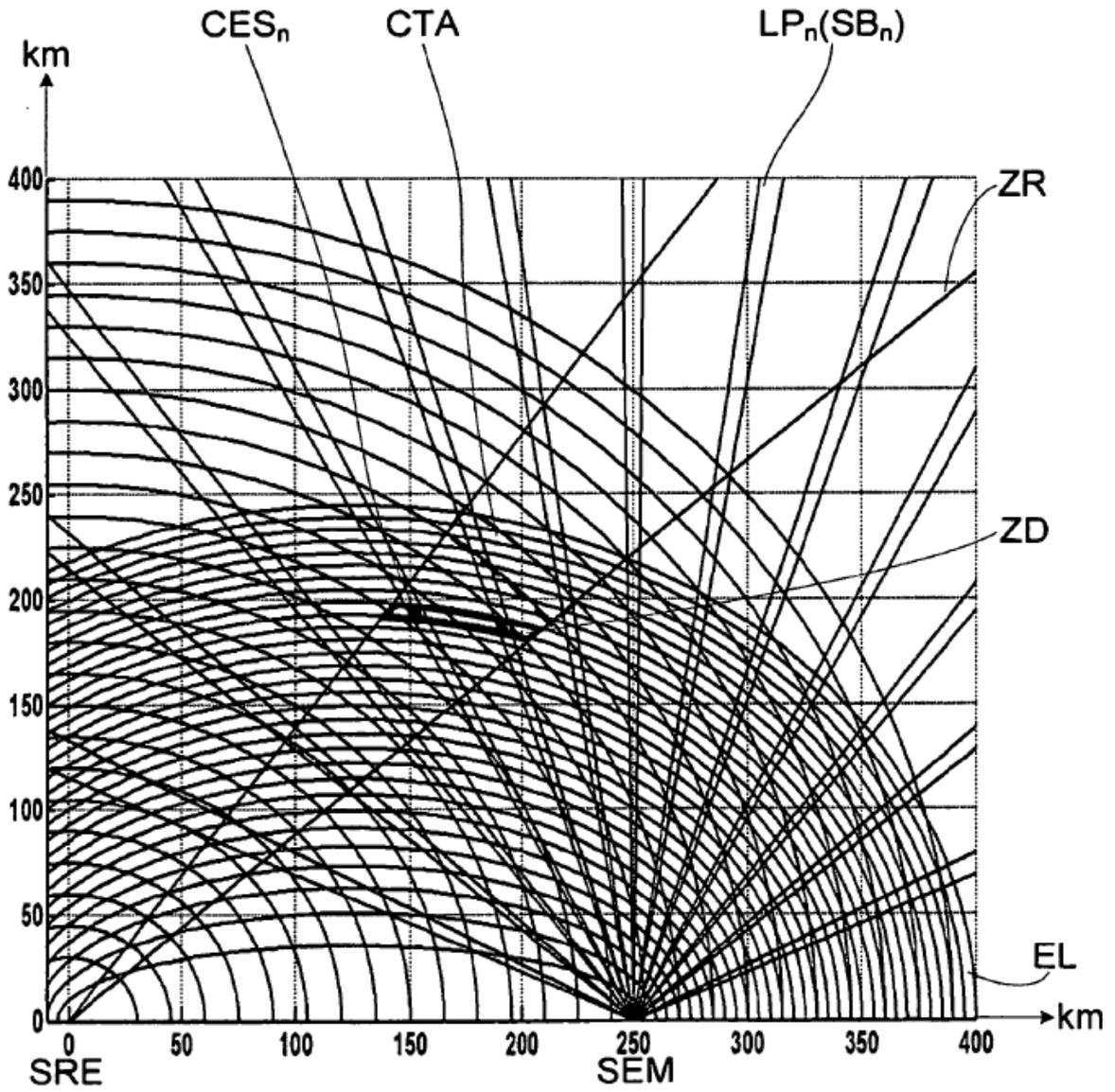


FIG. 2

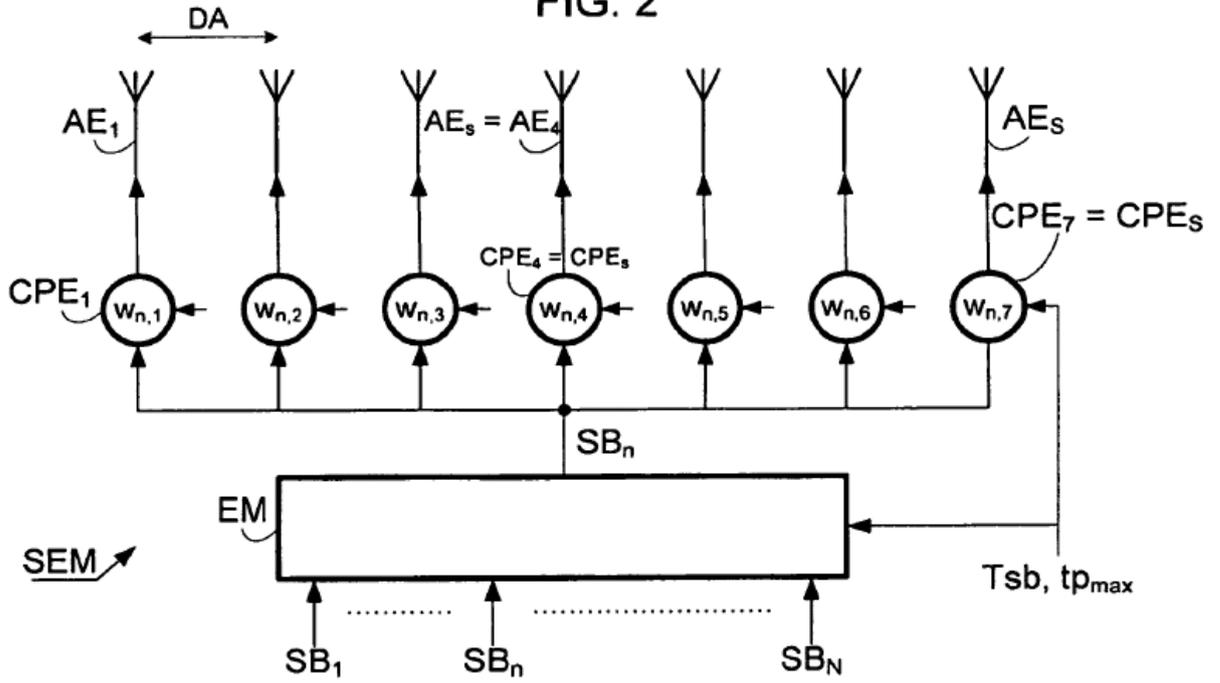


FIG. 3

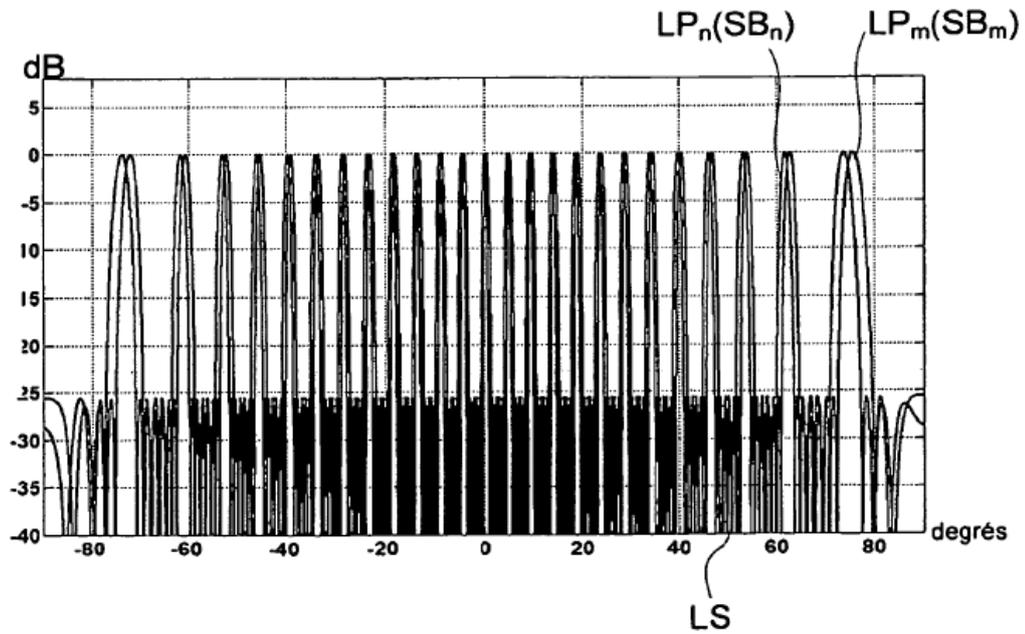
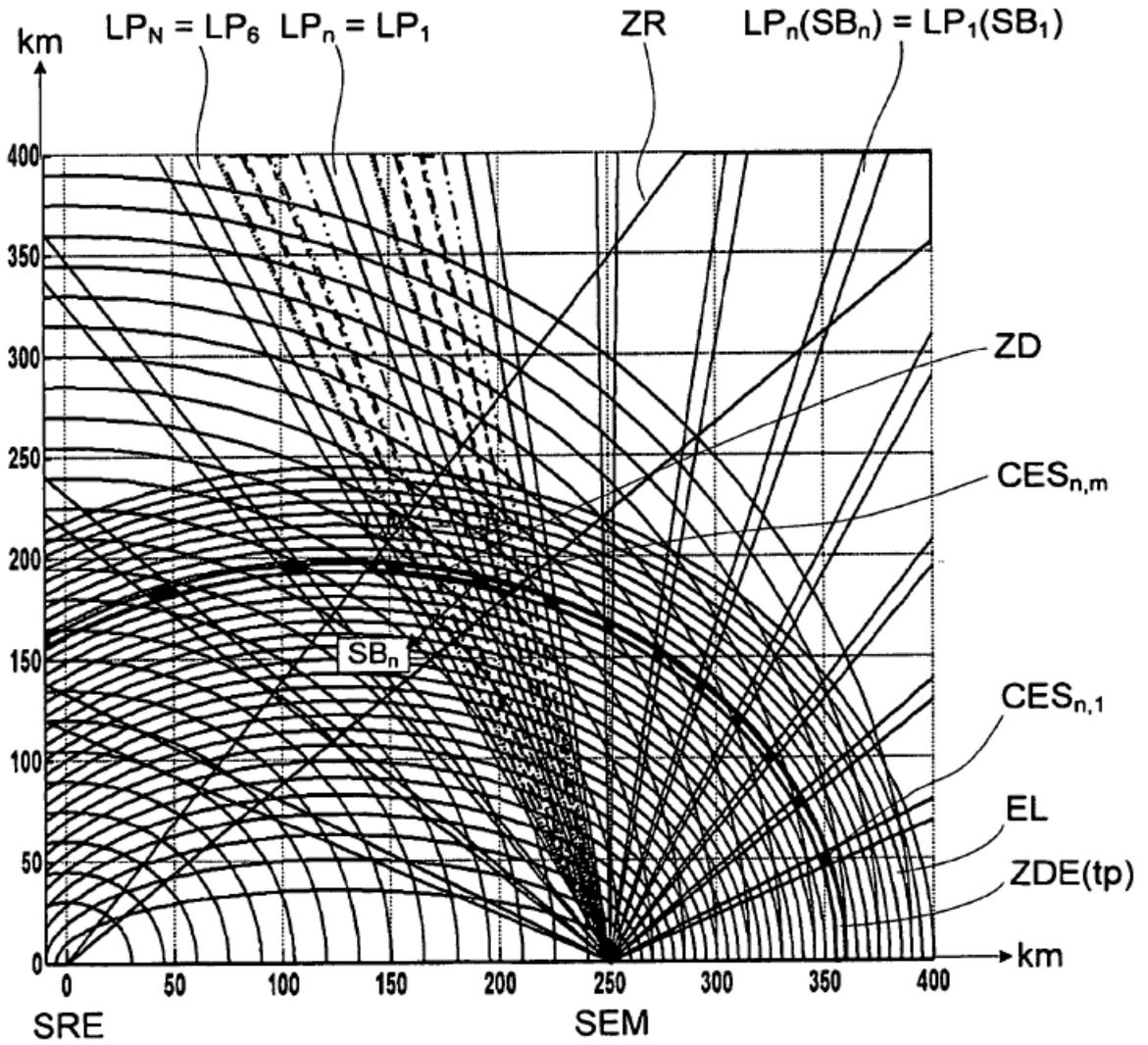
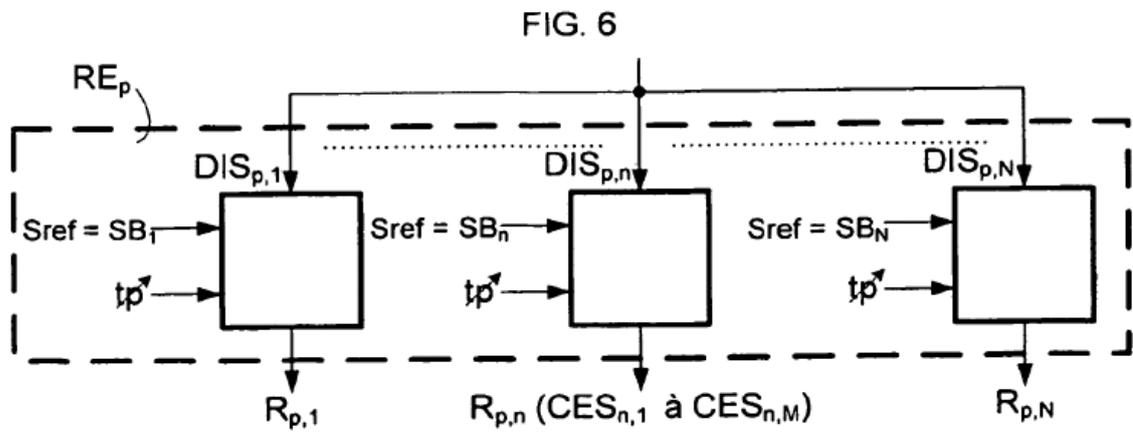
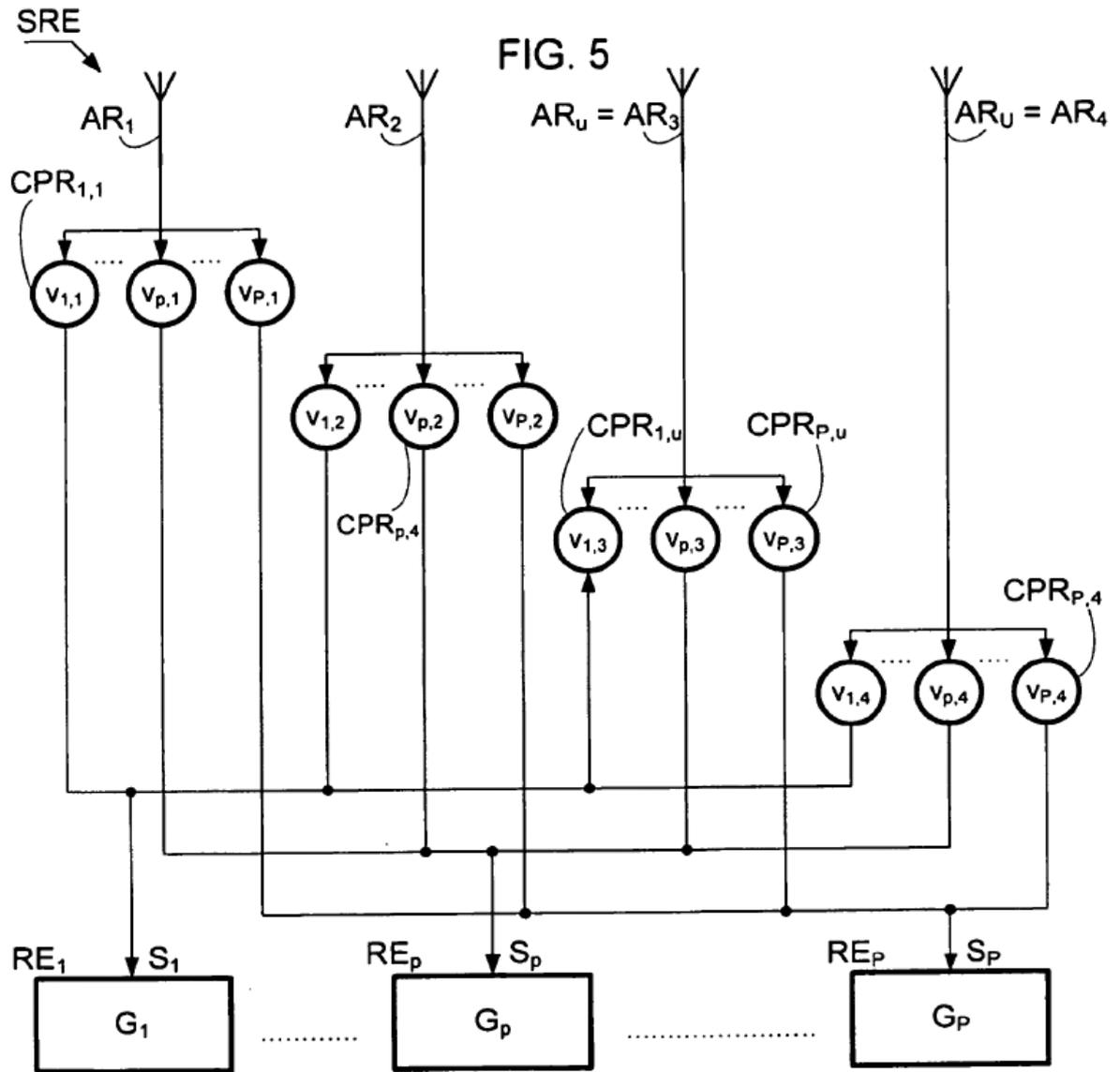


FIG. 4





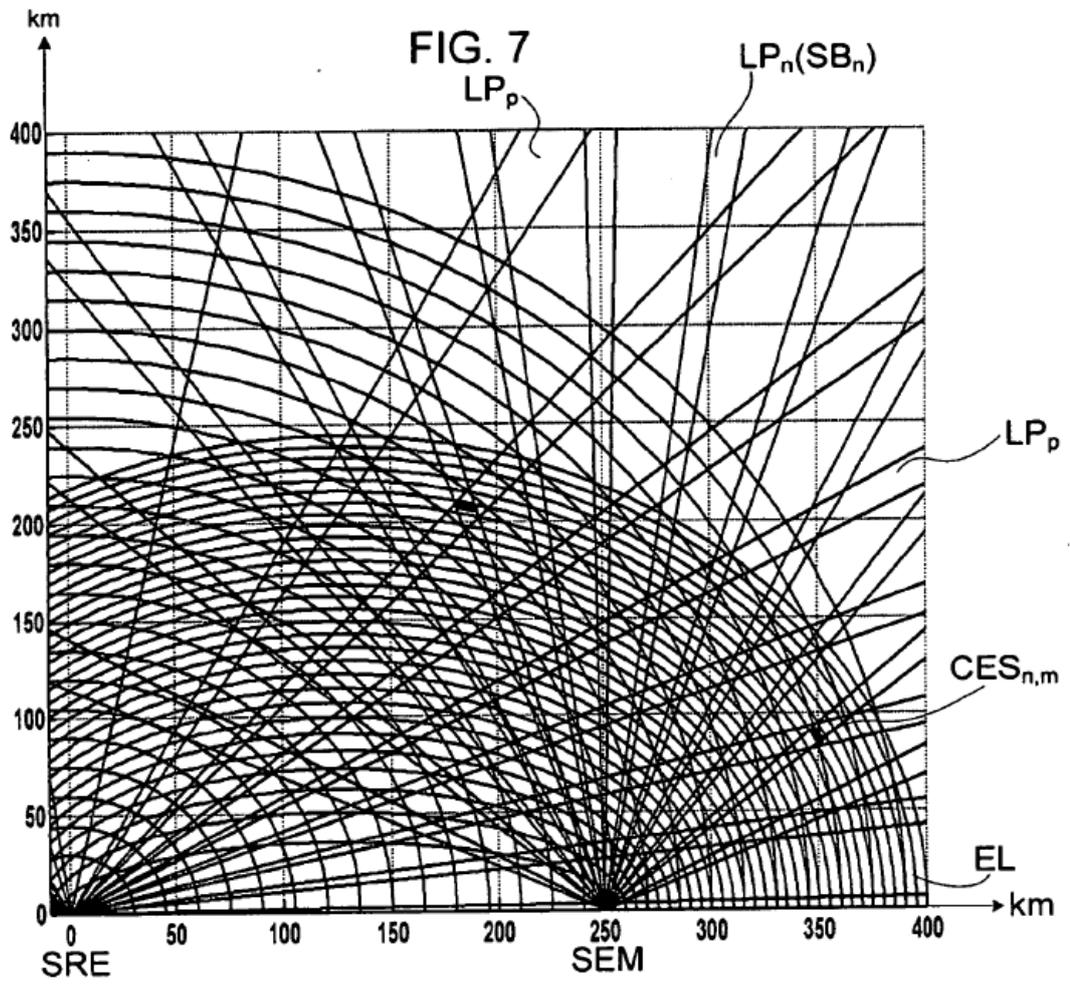


FIG. 8

