

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 188**

51 Int. Cl.:

**G01S 15/66** (2006.01)

**B63J 99/00** (2009.01)

**G01S 13/72** (2006.01)

**G01S 13/86** (2006.01)

**G01S 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2009 E 09781768 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.02.2016 EP 2329291**

54 Título: **Sensores coordinados de vigilancia marítima**

30 Prioridad:

**19.08.2008 NL 1035845**

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

**01.04.2016**

73 Titular/es:

**THALES NEDERLAND B.V. (100.0%)  
Zuidelijke Havenweg 40  
7550 GD Hengelo, NL**

72 Inventor/es:

**LAARHUIS, JAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 565 188 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

Sensores coordinados de vigilancia marítima

5 La presente invención se refiere al campo de las aplicaciones de vigilancia marítima. Es una constante preocupación de los organismos gubernamentales, de las organizaciones internacionales, de las entidades comerciales que explotan las líneas marítimas, así como de los pasajeros regulares u ocasionales, que puedan confiar en que esté asegurada la navegación costera y también que se pueda impedir o interceptar el tráfico ilegal en estas rutas. Se han diseñado y desplegado con tal fin diferentes tipos de sistemas. La policía costera utiliza sistemas de defensa. Las autoridades civiles utilizan los Sistemas de Información de Gestión del Tráfico Marítimo (VTMIS). Conceptos comunes a estos sistemas, incluso si su implantación puede ser diferente son: i) el uso de sensores, en su mayoría 10 radares de gran radio de acción situados en puntos elevados a lo largo de la costa; ii) un centro de operaciones que reciba datos de sensores y los presente a los operadores; iii) uno medios de intervención cuyo uso puede decidirse por personas al cargo.

15 Pero realmente los radares de gran radio de acción son costosos de adquirir, instalar, mantener y recolocar. Este último inconveniente hace que un sistema de vigilancia marítima tradicional sea difícil de reconfigurar, por ejemplo para obtener una mejor cobertura en el caso de amenazas cambiantes. Ello representa también una limitación para aquellos radares satisfactorios en la detección de objetos, pero no tanto en la clasificación e identificación de objetos. Esto puede no constituir un problema cuando el sistema de vigilancia solo tenga que tratar con objetos cooperativos, los cuales normalmente tienen que operar un Sistema de Identificación Automática (AIS) mediante el cual comunicarán permanentemente al centro de operaciones VTMIS su identidad, oposición u otros datos. El 20 problema surge cuando objetos no cooperativos intentan burlar el sistema de vigilancia lo que hace aún más necesario correlacionar diversas fuentes de identificación. Se necesita, por tanto, un sistema de vigilancia marítima más versátil basado en una arquitectura de diferentes sensores, que proporcione una solución a estos problemas sustituyendo los radares de gran radio de acción de la técnica anterior por racimos de sensores combinados situados en el mar.

25 Un número de documentos de la técnica anterior proporcionan soluciones parciales a este problema. Este es, por ejemplo, el caso de la solicitud de patente estadounidense publicada con el nº US2007/171042, de las patentes estadounidenses nº 3,842,774 y 4,639,227. Una publicación a nombre de S. Blackman et al. ("Diseño y análisis de Sistemas de Rastreo Modernos", 1 de enero de 1999, XP002374890) divulga un sistema de plataformas múltiples / sensores múltiples en el que se aplica un primer procesado a la salida de sensores de un mismo tipo y un segundo 30 procesado se aplica a la salida de sensores de tipos diferentes. Pero este sistema de la técnica anterior no proporciona una solución que satisfaga las actuales necesidades de vigilancia.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1. Es también un objeto de la presente invención divulgar un proceso de vigilancia marítima para implantar el sistema de vigilancia marítima de la invención.

35 Otra ventaja de la invención es que puede ser rápidamente desplegada y situada y, de esta manera, pueda ser utilizada en operaciones de despliegue rápido en las que el centro de operaciones estaría situado a bordo de un buque de las fuerzas navales. Así mismo, el sistema ofrecerá un rendimiento mejorado medido por la relación de la distancia de detección (medida desde la línea de la costa) con respecto al tamaño mínimo del objetivo detectado. Ofrecerá también unas disponibilidad y definibilidad mejoradas, en cuanto una falla de un elemento del racimo de 40 sensores solo afectará en mínima medida a la capacidad operativa del sistema como conjunto.

La invención se comprenderá de forma más acabada, y sus diversos rasgos característicos y ventajas se pondrán de manifiesto de manera más completa, a partir de la descripción contenida en las líneas que siguen de algunas de las posibles formas de realización y los dibujos adjuntos, entre los cuales:

- 45 - la figura 1 representa la arquitectura general de un sistema de vigilancia marítima que comprende los sensores coordinados de una forma de realización preferente de acuerdo con la invención;
- la figura 2 representa un racimo de sensores coordinados en una forma de realización de una operación de despliegue rápido de la invención;
- la figura 3 representa un ejemplo de un equipamiento de boya tipo de pértiga de una plataforma de múltiples sensores de acuerdo con una forma de realización de la invención;
- 50 - la figura 4 representa otra vista de la boya de la figura 3 que representa los diferentes componentes de la carga útil de la MSP;
- la figura 5 representa una ilustración en una vista lateral de la configuración del sistema que muestra una superposición parcial de elementos de un racimo de sensores coordinados en una forma de realización de la invención;

- las figuras 6A y 6B representan una ilustración en una vista desde arriba de la configuración del sistema que muestra una superposición parcial de un racimo de sensores coordinados con un despliegue espacial respectivamente triangular y rectangular en dos formas de realización de la invención;
  - la figura 7 representa una vista esquemática de un procesado de superposición para unos sensores principales en 2D coordinados en una forma de realización de la invención;
  - la figura 8 representa una vista esquemática de un procesado de superposición para unos sensores 1D coordinados en una forma de realización de la invención;
  - la figura 9 representa una vista esquemática de una fusión de múltiples sensores en una forma de realización de la invención.
- 10 En la memoria descriptiva, las reivindicaciones y los dibujos, las abreviaturas y los acrónimos tienen el significado indicado en la tabla inferior, a no ser que en el texto se establezca otra cosa.

| <b>Abreviatura</b> | <b>Significado</b>                              |
|--------------------|---|
| AIS                | Sistema de Identificación Automática            |
| AoR                | Área de Responsabilidad                         |
| BU                 | Boya  |
| CFAR               | Tasa Constante de Falsas Alarmas                |
| COTS               | fuera de plataforma continental comercial       |
| CW                 | Aguas Costeras                                  |
| D                  | Distancia Entre MSsP                            |
| DE                 | Detección y Extracción                          |
| DIFAR              | Frecuencia Direccional y Detección              |
| EA                 | Área Exclusiva                                  |
| GNSS               | Sistema Global de Navegación por Satélite       |
| GPS                | Sistema de Posicionamiento Global               |
| HDSR               | Radar de Vigilancia de Alta Definición          |
| HIDAR              | Alto Rango Dinámico Instantáneo                 |
| IMO                | Organización Marítima Internacional             |
| MMSI               | Identidad del Servicio Móvil Marítimo           |
| MSF                | Fusión de Múltiples Sensores                    |
| MSP                | Plataforma de Múltiples Sensores                |
| MSS                | Seguridad y Protección Marítima                 |
| NOC                | Centro Nacional de Operaciones                  |
| OA                 | Área de Superposición                           |
| $P_D$              | Probabilidad de detección                       |
| $P_{FA}$           | Probabilidad de Falsa Alarma                    |
| PCC                | Centro de Procesado y Control                   |
| PSF                | Fusión de Sensores Pares                        |
| $R_{MSP}$          | Alcance de una Plataforma de Múltiples Sensores |

|         |   |
|---------|---|
| RCR     | Respuesta de Célula de Resolución                     |
| RD      | Sensor Radar  |
| RDF     | Buscador por Radio Dirección                          |
| R-ESM   | Medición de Radar de Soporte Electrónico              |
| ROC     | Centro de Operaciones Regionales                      |
| RF      | Radiofrecuencia                                       |
| Tx / Rx | Transmisor / Receptor                                 |
| TTW     | Aguas Territoriales                                   |
| VTMIS   | Sistema de Información de Gestión de Tráfico Marítimo |
| VTS     | Servicios de Tráfico Marítimo                         |

La figura 1 representa la arquitectura general de un sistema de vigilancia marítima que comprende los sensores coordinados en una forma de realización preferente de acuerdo con la invención.

5 Desde un punto de vista organizativo, un sistema de vigilancia marítima puede presentar una estructura de múltiples niveles en el sentido de que algunas operaciones pueden ser gestionadas por un centro de operaciones local, otras por un Centro de Operaciones Regional (ROC) y otras por un Centro de Operaciones Nacional (NOC). Así mismo, la información y la responsabilidad pueden ser compartidas entre diversos niveles de organizaciones verticales como Guardias Costeras, la Armada, medios de intervención de seguridad marítima, Autoridades Civiles Costeras, diversos departamentos policiales de inteligencia, organismos gubernamentales, organismos intergubernamentales ... La presente invención no se centra de modo especial en los niveles más altos de la organización (el ROC y el NOC) los cuales, en su mayor parte afectan a la fusión entre los datos de los sensores y de inteligencia y en los que las decisiones se toman en relación con las acciones que deben ser adoptadas en base a estas entradas. La invención está sobre todo centrada en el nivel local inferior compuesto por plataformas de múltiples sensores (MSP) 30 dispuestas en un racimo 20, y en un Centro de Procesado y Control (PCC) 10. El PCC controlará un Área de Responsabilidad (AoR). Comprende la capacidad de computación para tratar los datos de los sensores y controlar las MSPs del racimo. En este contexto, un PCC está concebido para ejecutar una pluralidad de procesos secundarios de supervisión.

20 Un rasgo característico de la invención es que las plataformas están situadas en el mar y cada una de ellas comprende una pluralidad de sensores, mientras que un sistema MSS tradicional se basa en radares de gran radio de acción situados en puntos elevados de la costa (típicamente a una altura de 600 m sobre el nivel del mar para un horizonte de 100 km). Estos radares pueden ser complementados por otros sensores situados en el mar y fundidos en un nivel más alto, pero que no cooperan directamente en un nivel de datos brutos con los radares. Los racimos de la invención comprenden de modo ventajoso una pluralidad de boyas. La geometría del racimo es también un rasgo característico importante de la invención que se describirá con detalle más adelante en la descripción.

30 La figura 2 representa un racimo de sensores coordinados en una forma de realización de una operación de despliegue rápido de la invención. Una operación de despliegue rápido puede requerir racimos de sensores que se desplacen rápidamente hasta un nuevo teatro de operaciones. Como ya se expuso, esto se consigue más fácilmente con el sistema de la invención. En esta forma de realización, el PCC 10 está situado en un buque. Por supuesto, son posibles otros escenarios operativos como por ejemplo uno con varias MSPs para proteger un puerto cerrado. La configuración del racimo de las MSPs puede ser adaptada a la disposición de clase y geométrica del activo marítimo que debe ser protegido.

35 En todas las formas de realización, el PCC puede ser fijo o móvil, y su base puede estar en tierra firme o a bordo de un barco. Es posible que una MSP dentro de un racimo sirva como un PCC específico si el número de MSPs es limitado. El PCC puede ser redundante para mejorar la disponibilidad del sistema. Puede ser tripulado o no tripulado. La lista siguiente, no exhaustiva, contiene las funciones desarrolladas por el PCC en mediciones de objetos distribuidos:

- recepción de las mediciones de los sensores a partir de todas las MSPs;
- fusión de múltiples sensores (MSF) de mediciones de objetos;

- correspondencia de la información de clasificación con las firmas de las bases de datos para clasificar los objetos;
  - creación de seguimientos tácticos de todos los objetos detectados del AoR para su transmisión a un centro de operaciones;
- 5 - obtención de una imagen de vigilancia del AoR (solo para PCCs tripulados).

El PCC también lleva a cabo funciones de control. Controla la operación de un subconjunto específico de sensores primarios en respuesta a comandos de más alto nivel (por ejemplo, procedentes de un centro de operaciones). La lista siguiente, no exhaustiva, contiene aspectos de sensores primarios que pueden ser controlados: forma de onda, procesado, ajuste de umbral ( $P_D / P_{FA}$ ). También controla la operación de un subconjunto específico de MSPs en respuesta a alertas o comandos de nivel superior. La lista siguiente, no exhaustiva contiene aspectos de MSPs que pueden ser controlados: altitud o inmersión (cuando la MSP se monta sobre una boya); comunicación; tasa de actualización de los sensores.

10 El PCC lleva a cabo también funciones de gestión. Recoge la información de gestión procedente de todas las MSPs y de cada uno de sus sensores. Obtiene el estado operativo efectivo de cada sensor y de cada MSP.

15 La figura 3 representa un ejemplo de un diseño de una MSP de acuerdo con una forma de realización de la invención. En esta figura, las referencias siguientes tienen los significados que siguen:

- 14 : Cilindro superior
- 20: mástil por encima del agua
- 30 : flotador corrector
- 20 - 40: flotador principal
- 50: mástil bajo el agua
- 60: Fondo.

25 En la forma de realización ilustrada, la estructura física de una MSP se basa en una boya. Otras MSPs pueden ser embarcaciones para el entorno marino pero, evidentemente, esta es una solución mucho más costosa. Cuando no se excluyan otros entornos, se podría contemplar la incorporación de unos polos de energía eléctrica como MSPs para un sistema basado en tierra, o globos para la vigilancia aérea. Sin embargo, la aplicabilidad de la invención a otros entornos distintos del entorno marino es menos atractiva. En cualquier caso, el diseño de la estructura tomará debidamente en cuenta la altitud y la profundidad a la que los sensores deben quedar situados para obtener una capacidad operativa definida.

30 De modo ventajoso, en el caso de una boya, debe ser de tipo pértiga debido a su propiedad autoestabilizante. En un diseño apropiado de la boya, el sesgo de la boya no excederá de un valor máximo predefinido, dada una cierta situación medioambiental. La forma de la boya y la definición de los parámetros dimensionales clave, de  $D_1$  a  $D_6$  para los diámetros de las 6 partes cilíndricas (de arriba abajo) y  $L_1$  a  $L_6$  para la altura de la misma, se comprenderán sin dificultad a partir de la figura 3. Valores típicos de los parámetros se ofrecen en la tabla siguiente. Estas dimensiones, sin embargo, no pueden ser exactas sino que dependen del diseño para obtener el sesgo máximo permitido.

| Segmento (i)                       | Longitud Típica, $L_i$<br>[m] | Diámetro Típico, $D_i$<br>[m] |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Parte superior (i = 1)             | 0,5                           | 1                             |
| Mástil por encima del agua (i = 2) | 15                            | 0,25                          |
| Flotador corrector (i = 3)         | 2                             | 0,5                           |
| Flotador principal (i = 4)         | 2                             | 1,5                           |
| Mástil bajo el agua (i = 5)        | 12                            | 0,25                          |
| Fondo (i = 6)                      | 1                             | 1                             |

En una forma de realización preferente, la boya es un conjunto de secciones cilíndricas con las siguientes funciones:

1. El cilindro 10 "superior" aloja la antena radar, el transpondedor AIS y las antenas radio para la comunicación.
2. La "parte superior" se eleva a la posición apropiada por encima del nivel del mar por una parte 20 de "mástil por encima del agua";
- 5 3. El "flotador corrector" 30 atenuará las oscilaciones verticales de la boya;
4. El "flotador principal" 40 proporciona el grueso de la flotabilidad requerida, y \*aloja los sistemas secundarios de procesado y control de la boya. En el caso de un generador de energía eléctrica basado en la combustión, también aloja el depósito de combustible.
- 10 5. La función principal del "mástil bajo el agua" 50 es el de servir como palanca del mecanismo de autoestabilización y para situar los sensores bajo el agua y el centro de gravedad de la boya a la profundidad apropiada.
6. El segmento 60 cilíndrico "de fondo" aloja el sonar y los elementos de almacenaje de energía, esto es, las baterías. Esto último se lleva a cabo para rebajar el centro de gravedad con el fin de potenciar al máximo la longitud del par de torsión autoestabilizante.
- 15 El "flotador principal" más la mitad del "flotador corrector" proporcionan la flotabilidad exacta requerida, la cual es igual a la gravedad total de la boya. Cuando la boya desciende, el "flotador corrector" proporciona más flotabilidad para que haya una fuerza en la dirección opuesta. Cuando la boya asciende, hay menor flotabilidad debido al "flotador corrector", lo que se traduce en una fuerza descendente neta. En ambos casos, se atenúan los movimientos verticales.
- 20 El "flotador principal" está situado por debajo del "flotador corrector" para experimentar en menor medida el movimiento de las partículas de agua, el cual disminuye por debajo de la superficie. Este posicionamiento inferior reduce aún más el sesgo máximo de la boya. Distintos diseños de boyas han sido modelados y simulados lo que ha confirmado la estabilidad de la boya dentro de los límites de sesgo requeridos.
- 25 La figura 4 representa otra vista de la boya de la figura 3 que muestra los diferentes componentes de la carga útil de la MSP.
- Una MSP puede operar con independencia y autonomía gracias a tres subsistemas, uno eléctrico, otro para la percepción temporal y espacial y otro para la comunicación. La capacidad de computación se necesita para distintas finalidades, por ejemplo, el control y gestión del sistema que incluye los de los sensores y el procesado de las señales de los diversos sensores. Dependiendo de la clasificación operativa, puede bastar un simple ordenador de a
- 30 bordo.
- El subsistema de energía eléctrica está compuesto por tres componentes.
  - un generador 310 de energía eléctrica, completamente autosuficiente cuando se basa en recursos renovables como por ejemplo solares, eólicos, del oleaje e hidrógeno o autosuficiente parcial cuando se requiera un suministro externo de combustible (por ejemplo una microturbina);
  - 35 - un elemento de almacenaje de energía eléctrica, que puede estar compuesto por una batería en combinación o no con un ultracondensador;
  - una unidad de control de energía que haga coincidir el suministro de energía eléctrica disponible con la energía requerida.
- 40 El subsistema de percepción temporal y espacial puede incluir un receptor GPS con una antena 320 asociada con vistas a la información del tiempo y la posición y un compás electrónico dimensional (giroscopio) para medir la orientación en 3D de la plataforma. Puede ser utilizado, cuando sea aplicable, cualquier otro medio para obtener la percepción temporal y espacial. Esto permite representar los datos de los sensores en coordenadas absolutas y marcadas con la validez temporal.
- 45 El subsistema de comunicación está compuesto por uno o más transmisores y receptores de radio con una antena 330 asociada para comunicar con sus entidades del sistema vecino directo (MSP, PCC) y un dispositivo que conmute el tráfico conectado al de la MSP así como el tráfico en tránsito desde / hacia otras entidades del sistema (MSP, PCC). La red de comunicación será, de modo preferente, de tipo malla (reflexión múltiple inalámbrica). En una red de este tipo, los paquetes de datos saltan de un nodo a otro desde la salida hasta el destino. Son posibles diversas realizaciones para potenciar al máximo la selección de las rutas. Las rutas pueden variar en función de la
- 50 disponibilidad del tráfico y de los nodos.
- Cada MSP de un racimo puede incluir una pluralidad de diferentes tipos de sensores primarios, típicamente radares, sonares, Buscadores por Radio Dirección (RDF), Buscadores por Radio Sonido (SDF) y transpondedores del Sistema de Identificación Automática (AIS). También se pueden incluir sensores auxiliares, por ejemplo sensores

metereológicos y de contaminación (del aire y del agua) para medir el entorno del AoR. Los sensores primarios proporcionan de manera conjunta la información cinemática de los objetos por medio de ya sea:

- la medición simultánea de distancia - dirección de un objeto por al menos una MSP. Un sensor está cualificado como sensor de 2D cuando simultáneamente resuelva dos cantidades físicas;
- 5 - la medición de la sola distancia de un objeto por al menos dos MSPs (sensor 1D);
- la medición de solo una dirección de un objeto por al menos 2 MSPs (sensor 1D), así como la información de la clasificación de los objetos, como por ejemplo:
- el espectro audio (ya sea bajo el agua o por encima del agua) emitido por los objetos;
- los perfiles de distancia de objetos distintos ángulos de orientación;
- 10 - los imágenes de objetos en distintos ángulos de orientación.

Cuando esta información es específica, y posiblemente única, del objeto, es denominada firma de objeto.

Cada sensor primario tiene un alcance asociado. El alcance de un sensor define, para cada cantidad física aplicable asociada con objetos, la distancia hasta la cual el sensor funciona mejor que un valor predefinido bajo condiciones de detección y ambientales definidas. El alcance de un sensor generalmente se especifica como un conjunto de tablas que contienen distancias de detección para diversos objetos. Cada tabla es válida para un criterio de detección específico y para condiciones ambientales específicas. Ejemplos de dichas tablas se ofrecen en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

La Tabla 1 y la Tabla 2 son ejemplos de tablas de rendimiento para las diversas condiciones ambientales, y los diversos tipos de objetivos de superficie (sin especificación ulterior). Estas tablas contienen distancias de detección. Las combinaciones impracticables del tipo de objetivo y de la velocidad del objetivo se muestran en gris en las tablas.

Tabla 1 - Distancia de radar, en km desde el sensor, para un estado de la mar 0 y sin lluvia.

| Estado de la mar: 0<br>Lluvia: 0 |      | Velocidad objetivo [m/s] |    |    |    |
|----------------------------------|------|--------------------------|----|----|----|
|                                  |      | 1                        | 5  | 10 | 15 |
| Tipo objetivo en superficie      | SST1 | 5                        |    |    |    |
|                                  | SST2 | 15                       | 15 | 13 |    |
|                                  | SST3 | 20                       | 20 | 18 | 15 |
|                                  | SST4 | 30                       | 28 | 25 |    |

Tabla 2 - Alcance de radar en km desde el sensor, para el estado de la mar 3 y lluvia de 4 mm.

| Estado de la mar : 3<br>Lluvia : 4 |      | Velocidad objetivo [m/s] |    |    |    |
|------------------------------------|------|--------------------------|----|----|----|
|                                    |      | 1                        | 5  | 10 | 15 |
| Tipo objetivo en superficie        | SST1 | 3                        |    |    |    |
|                                    | SST2 | 13                       | 12 | 10 |    |
|                                    | SST3 | 18                       | 17 | 16 | 15 |
|                                    | SST4 | 30                       | 27 | 24 |    |

El alcance de la MSP, R, está definido por la sección transversal de los alcances de sus componentes sensores primarios. La geometría de la MSP se escoge de forma que el alcance de todos los componentes sensores sea comparable, esto es, que el alcance de la MSP iguale el alcance de cualquiera de sus sensores. Esto significa que se consigue un equilibrio entre los sensores con un alcance de geometría limitada y sensores con un alcance de rendimiento limitado. Por ejemplo, si se toma en consideración una MSP con un radar y un sensor AIS, siendo la altitud de ambos sensores tal que su horizonte esté situado a 20 km; si el alcance del radar es de 40 km, está

geométricamente limitado porque el horizonte está a 20 km; si el alcance del transpondedor del AIS es de 20 km, su eficacia está limitada; el alcance de la MSP es de 20 km.

Una forma de realización preferente incluye unas antenas radar 340 de bajo coste con un rango de detección corto (esto es, inferior a 30 NM), una resolución de dirección reducida (esto es, inferior a 6°) y sin procesado por efecto Doppler. Esto permitirá un coste global mucho menor del sistema. Estos radares se utilizan normalmente en embarcaciones de recreo. Su rendimiento en un supuesto concreto a duras penas tendría la entidad suficiente para ser tomados en consideración en aplicaciones relacionadas con la seguridad y la protección pero la cooperación dentro de un racimo de MSPs y con otros sensores dispuestos sobre la misma MSP aumenta el rendimiento en mayor medida que el coste. Los vendedores de radares que cuentan con dicho catálogo de productos utilizables como elementos de radar del sistema son Garmin, Furuno, Raymarine ... El procesado de señales de radar se lleva, de modo preferente, a cabo utilizando una solución COTS, por ejemplo con el Sigma - S6 de Rutter a bordo. El rasgo característico principal requerido es la detección de objetos dentro de las reflexiones de mar y, por tanto, se necesita un procesado avanzado de reflexiones de mar.

Como el radar, el sonar es, de modo preferente, un producto COTS. Sonares COTS sobradamente conocidos son los utilizados en aplicaciones de sonoboyas. Ejemplos pasivos son la DIFAR (Frecuencia Direccional Y Detección) o la HIDAR (Detección Dinámica Instantánea Alta). Por ejemplo un sonar DIFAR 350 presenta una formación cilíndrica de señales acústicas de hidrófonos y muestras en base a la dirección y la frecuencia (típicamente de 5 Hz a 2.400 Hz). Los productos de sonoboyas activos también podrían ser tomados en consideración.

Un Buscador de Radio Direccion (RDF) puede encontrar la dirección del emisor de una señal de radio y, por tanto, constituir el sensor preferente para obtener informaciones de dirección.

Los Sistemas de Identificación Automática (AIS) se han hecho obligatorios por parte la Organización Marítima Internacional (IMO) para vigilar buques comerciales. La IMO ha desarrollado un conjunto de estándares con unas normas y un equipamiento de identificación obligatorios destinados a controlar esta identificación. Los buques están equipados con un transpondedor de RF, el cual emite regularmente en unas señales de ancho de banda asignadas portadoras de datos formateados. El rango típico de un transpondedor AIS es de 30 a 40 km.

Los datos AIS incluyen entre otros la Identidad del Servicio Móvil Marítimo (MMSI) - un identificador único de 9 dígitos de equipamientos de RF de a bordo, datos del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) y datos adicionales de sensores a bordo, así como datos de la travesía. La regularidad de los datos del AIS puede ser verificada tanto a partir de un punto de referencia intrínseco como mediante datos externos, por ejemplo otros datos de sensores y fuentes de inteligencia.

La figura 5 representa una ilustración en una vista lateral de una configuración del sistema que muestra una superposición parcial de elementos de un racimo de sensores coordinados en una forma de realización de la invención. El patrón de distribución de las MSPs a lo largo del AoR se denomina el despliegue espacial de las MSPs. La distancia entre MSPs (D) es un rasgo caracterizador del patrón. Dado un despliegue espacial de las MSPs, el sistema puede disponerse en una de las siguientes configuraciones de superposición, dependiendo de la sección transversal de los alcances (R) de dos o más MSPs vecinas:

- sin superposición ( $D > 2R$ ); en esta configuración, el sistema no cubre completamente el área de vigilancia;
- superposición parcial ( $R < D < 2R$ ); en esta configuración hay un área de superposición (OA) englobada por un racimo de MSPs, cada una de las cuales puede detectar objetos dentro de este OA. Hay una relación de uno a uno entre cada OA y el correspondiente grupo de MSPs. Así mismo, hay un área exclusiva (EA) asociada con cada MSP, en la cual los objetos son detectados solo por esta MSP.
- superposición completa ( $R = D$ ); este es un caso especial en el que el alcance iguala la distancia entre las MSPs; esta situación es obligatoria cuando se utilizan sensores primarios 1D.

El despliegue espacial determina la forma y el tamaño del OA. En las figuras 6A y 6B se muestran configuraciones de superposición parcial con, respectivamente, un patrón de distribución triangular y un patrón de distribución rectangular.

Cualquier despliegue espacial conduce a unas OAs no isomórficas, cada una de las cuales corresponde a racimos de MSPs compuestos por 2 o más MSPs. Los puntos transversales de las líneas en negrita continuas indican emplazamientos de MSPs. Las líneas de las cruces verticales muestran el grupo mayor de las MSPs y su correspondiente OA (ocupada por los cruces verticales). Las formas de las OAs de las figuras 6A y 6B son muy diferentes. Las líneas de los cruces diagonales muestran el grupo más pequeño de MSPs y su correspondiente OA (relleno de cruces diagonales). De modo ventajoso, el despliegue espacial puede variar a lo largo del AoR con el fin de satisfacer las exigencias de rendimiento / coste del sistema. El despliegue espacial puede también variar a lo largo del tiempo, en relación con la evolución de la misión. Por supuesto, el número de MSPs requerido aumenta con el grado de superposición entre las MSPs con una D y un R fija / o. Una configuración sin superposición puede ser útil en la periferia de la AoR, en la que pueda no requerirse una cobertura completa. Esto ahorra el número exigido de MSPs.



La arquitectura funcional de la invención comprende unos medios de los datos de los sensores de procesado de dos maneras. Una primera clase de procesado se aplica a los sensores del mismo tipo situados en diferentes MSPs. Su rasgo característico básico es el procesado de superposición, que es una clase de fusión de datos de sensores que se denomina "fusión de sensores pares" o PSF. El procesado diferirá respecto de los sensores primarios 2D y de los sensores primarios 1D y se representa sobre dos esquemas diferentes (figuras 6 y 7, respectivamente). El sonar pasivo y el RDF son dos ejemplos de sensores 1D. Si estos sensores sobre las MSPs vecinas presentan una superposición, entonces debe ser aplicado el procesado de superposición 1D. Una segunda clase de procesado se aplica a sensores de diferentes tipos, por ejemplo de un radar y de un sonar. Esto se describe de forma más acabada más adelante al comentar la figura 9. También es posible no aplicar ningún procesado de superposición, ya sea porque no exista ninguna superposición o porque la PSF consiste únicamente en situar adecuadamente los datos de los sensores pares en la siguiente etapa del proceso.

La figura 7 representa una vista esquemática de un procesado de superposición para unos sensores primarios 2D coordinados en una forma de realización de la invención.

Un miembro del grupo de MSPs es designado como maestro; los otros son esclavos. Cada MSP puede participar en múltiples racimos de MSPs. La asignación del maestro y el esclavo a los diferentes racimos de MSPs se lleva a cabo, o bien por medio de programas predefinidos, o por medio de un algoritmo de elección dinámica. Cuando se dispone en la configuración superpuesta, el sistema que utiliza los sensores primarios 2D experimenta ganancias de rendimiento para la OA cuando se aplica un procesado de superposición. El procesado de superposición se aplica a cada OA y se distribuye a lo largo del correspondiente racimo de MSPs.

El procesado de superposición comprende las siguientes actividades para cada uno de los sensores primarios 2D elegibles para el procesado de superposición:

- Respuesta de Célula de Resolución (RCR); cada MSP del grupo genera la respuesta de cada célula de resolución como salida intermedia; la respuesta de célula de reposición está compuesta por coordenadas absolutas (x, y) de la célula y por los componentes en fase y cuadratura ( $a_i$ ,  $a_q$ ) de la amplitud compleja de la salida de los sensores para esa célula, esto es,  $X = \{x, y, a_i, a_q\}$ ; la amplitud compleja puede estar no umbralizada o puede reducirse a umbralizada con el fin de eliminar la mayoría del ruido y de los ecos parásitos;
- Distribución; cada esclavo del grupo de MSPs envía su  $X_{OA}$ , esto es, la RCR para el OA, al maestro de ese grupo utilizando sus instalaciones de comunicación;
- Fusión de Sensores Pares (PSF); el maestro integra todas las contribuciones  $X_{OA}$  del grupo y une el resultado con la RCR y su área exclusiva para el ulterior procesado de datos de los sensores, esto es,  $X_{maestro} = \text{sum} \{X_{OA}\} + X_{EA}$ ; los esclavos solo ofrecen la RCR de su área exclusiva para el ulterior procesado de los datos de los sensores, esto es,  $X_{esclavo} = X_{EA}$ .

Después del procesado de superposición, cada MSP lleva a cabo el procesado de Detección y Extracción (DE) estándar, lo que se traduce en las mediciones de los sensores  $M_s$  de objetos. La DE comprende el procesado estándar como la umbralización para producir impactos y ecos parásitos de impactos que son denominados mediciones de los sensores ( $M_s$ ) en el presente documento. Debido al procesado de superposición las mediciones de los sensores producidas por cada MSP están espacialmente disjuntas.

La figura 8 representa una vista esquemática de un procesado de superposición para unos sensores 1D coordinados en una forma de realización de la invención.

Como se analizó anteriormente en el caso de los sensores primarios 2D, uno de los sensores primarios 1D es designado maestro, siendo los demás esclavos. El procesado de superposición se aplica a la OA y es distribuido a lo largo del correspondiente grupo de MSPs.

El procesado de superposición comprende las siguientes actividades para cada uno de los sensores primarios 1D elegibles para el procesado de superposición:

- Detección y Extracción (DE); cada MSP del grupo lleva a cabo operaciones de detección y extracción estándar, las cuales se traducen en mediciones de sensores de distancia o dirección ambiguas de objetos; las mediciones ambiguas consisten en componentes en fase y cuadratura ( $a_i$ ,  $a_q$ ) de la amplitud compleja del ángulo de dirección ( $\varphi$ ) con respecto al norte o la distancia (r) con respecto a la posición de la MSP, respectivamente  $\text{Alfa} = \{\varphi, a_i, a_q\}$ ;  $\text{Rho} = \{r, a_i, a_q\}$ ;
- Distribución; cada esclavo i del grupo de MSPs envía su  $A_j$  o  $R_j$  enteras medidas y la posición de las MSPs ( $X_j$ ,  $Y_j$ ) en el tiempo de medición al maestro utilizando sus instalaciones de comunicación;
- Fusión de Sensores Pares (PSF); el maestro triangula las contribuciones de todas las MSPs del grupo para obtener mediciones de los sensores de distancia - dirección no ambiguas:  $M_s = \Delta [\sum_j (A_j, x_j, y_j)]$  o  $M_s = \Delta [\sum_j (R_j, x_j, y_j)]$ ; los esclavos no contribuyen a la PSF.

La figura 9 representa una vista esquemática de una fusión de sensores múltiples en una forma de realización de la invención.

5 La fusión de sensores múltiples encuentra las mediciones  $M_{S,j}$  de diferentes sensores pertenecientes al mismo objeto  $j$ , y devuelve una medición de objeto  $M_O(j)$ . Para los sensores primarios  $m$  de una MSP, y  $N$  objetos dentro del alcance de las MSP, la fusión de sensores múltiples lleva a cabo la siguiente operación  $F$  sobre las mediciones de los sensores:

$$\forall j = 1 \dots N, M_O(j) = F [M_{S,1}(j), M_{S,2}(j), \dots, M_{S,m}(j)]$$

10 La operación  $F$  forma parte del estado de la técnica, pero se emiten de salida conceptos de seguimiento sobradamente conocidos como las pruebas de filtrado Kalman y de hipótesis múltiples, en los que son introducidas las mediciones individuales de los sensores, generándose de salida los seguimientos de objetos. La reversión sobre las mediciones individuales, esto es, las mediciones de objetos, se obtiene mediante muestreos temporales de cada seguimiento.

15 La fusión de sensores múltiples asegura ganancias de rendimiento y la transmisión de informes singulares para cada objeto detectado. Cada MSP envía sus mediciones de objetos y sus mediciones ambientales al PCC para su ulterior procesado.

20 Uno de los procesos ulteriores puede ser un tercer proceso de fusión de datos utilizado para mejorar la clasificación e identificación de los seguimientos. Este proceso construye dicho proceso de fusión de sensores múltiples, que ha revelado que, por ejemplo, una medición de radar, que proporciona la localización de un objeto, y una medición de sonar, que proporciona un espectro audio de un objeto, pertenecen al mismo objeto. El tercer proceso de fusión  $c$  correlaciona este audio espectro con las firmas de una base de datos de objetos. La signatura coincidente se utiliza para clasificar / identificar el objeto detectado. Esta operación es parecida a las Mediciones de Radar de Soporte Electrónico (R-ESM), pero el uso de un sensor de sonar para la clasificación de los objetivos de superficie es ventajoso en el contexto de la presente invención.

25 La invención no está limitada a las formas de realización específicas descritas en la presente memoria descriptiva. El alcance de la invención queda solo definido por las reivindicaciones adjuntas expuestas a continuación.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Sistema de vigilancia marítima que comprende: i) al menos un Centro de Procesamiento y Control (PCC, 10), ii) al menos un racimo (20) de Plataformas de Sensores Múltiples (MSPs, 30), comprendiendo cada MSP al menos dos sensores de un primer tipo y de un segundo tipo (340, 350); iii) un primer módulo de fusión de datos que está adaptado para tratar los datos procedentes de los sensores de uno de entre los primero y segundo tipos (340, 350) de dicho racimo; iv) un segundo módulo de fusión de datos que está adaptado para tratar la salida del primer módulo de fusión de datos con respecto a al menos dos sensores (340, 350) de una MSP, estando dicho sistema de vigilancia marítima **caracterizado porque** los al menos dos sensores están adaptados para proporcionar una distancia y una dirección, estando uno de ellos adaptado para ser designado como sensor maestro dentro de su racimo, estando los demás sensores adaptados para ser designados como esclavos del maestro, estando los sensores maestro y esclavos adaptados además para proporcionar una salida para que se integre en una Respuesta de Célula de Resolución (RCR), estando las RCRs procedentes de los sensores esclavos integradas con la RCR de un área de superposición del sensor maestro, contribuyendo cada uno de los sensores maestro y esclavos a los datos de los sensores procedentes de áreas no superpuestas como entrada del segundo módulo de fusión de datos.
- 2.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** al menos una MSP es una boya tipo de pértiga.
- 3.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la boya tipo de pértiga comprende al menos un flotador (30) corrector y un flotador (40) principal, proporcionando el flotador principal y la mitad del flotador corrector sustancialmente una flotabilidad igual a la gravedad de la boya.
- 4.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada MSP comprende al menos un subsistema de energía eléctrica, un sistema de percepción temporal y espacial y un subsistema de comunicación.
- 5.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** uno de los al menos dos sensores primarios de la al menos una MSP es un radar (340) sin procesado Doppler y un alcance claramente no superior a 50 km y / o con una resolución de dirección no claramente superior a 6°.
- 6.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** uno de los al menos dos sensores primarios de la al menos una MSP es un sonar (350) con una formación cilíndrica de hidrófonos que muestrea las señales acústicas en base a la dirección y la frecuencia.
- 7.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** algunas MSPs dentro de un racimo están situadas a una distancia D igual al alcance R de la MSP.
- 8.- Sistema de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** algunas MSPs dentro de un racimo están situadas a una distancia D superior al alcance R de la MSP e inferior a dos veces este alcance R.
- 9.- Proceso de vigilancia marítima que comprende: i) al menos un subproceso de supervisión; ii) al menos un racimo de grupos de subprocesos de detección, comprendiendo cada grupo la detección de los subprocesos de al menos un primero y un segundo tipo; iii) un primer subproceso de fusión de datos que recibe como entrada una salida procedente de los subprocesos de detección de uno de entre los primero y segundo tipos de dicho racimo; y iv) un segundo subproceso de fusión de datos que recibe como entrada la salida del primer subproceso de fusión de datos relacionado con al menos dos subprocesos de detección de un primero y un segundo tipos de un grupo de subprocesos de detección, estando cada proceso de vigilancia marítima **caracterizado porque** los al menos dos subprocesos de detección primaria proporcionan la distancia y la dirección; uno de los al menos dos subprocesos de detección se designa como subproceso de detección maestro dentro de su racimo, siendo los demás subprocesos de detección esclavos con respecto al maestro; los datos de los sensores procedentes de los subprocesos maestro y esclavos están cada uno integrado en una Respuesta de Célula de Resolución (RCR) para cada subproceso; y las RCRs procedentes de los subprocesos de detección esclavos están integrados con la RCR del área de superposición del subproceso de detección maestro, contribuyendo cada uno de los sensores maestro y esclavos a los datos de los sensores procedentes de las áreas no superpuestas como entrada al segundo subproceso de fusión de datos.
- 10.- Proceso de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** comprende además un tercer subproceso de fusión de datos, en el que la información de clasificación, perteneciente al objeto detectado en la salida del segundo subproceso de fusión de datos, está correlacionada con las firmas de una base de datos de objetos, y **porque** una firma de correspondencia clasifica y / o identifica el objeto detectado.
- 11.- Proceso de vigilancia marítima de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado porque** la información de clasificación se proporciona por un sensor sonar, la información cinemática se proporciona por un sensor primario 2D por encima del agua, y el objeto es un objeto en la superficie.

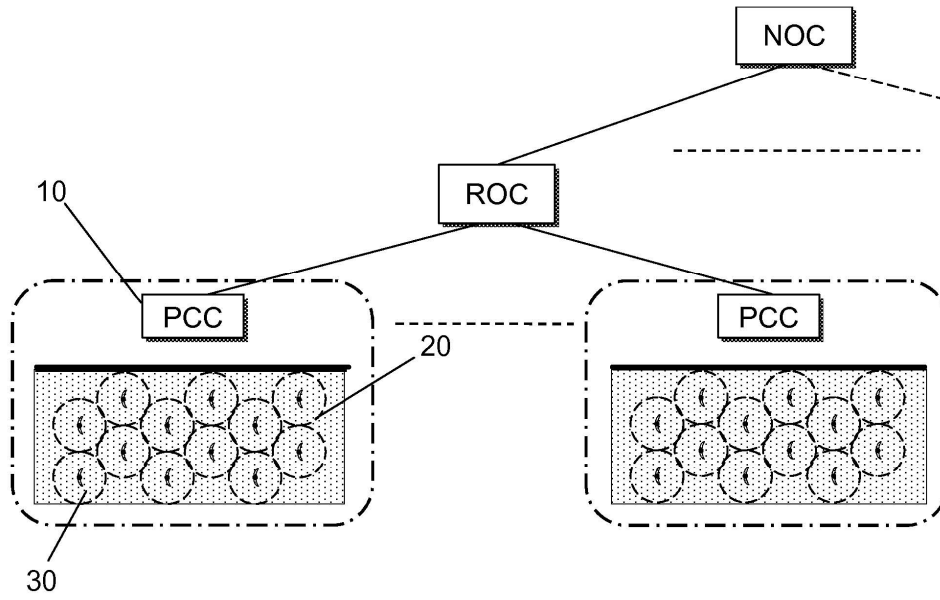


FIG.1

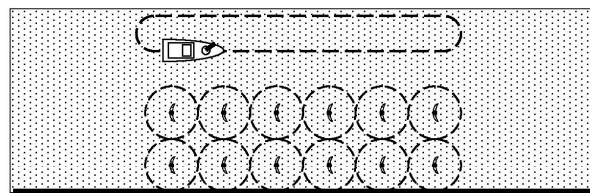


FIG.2

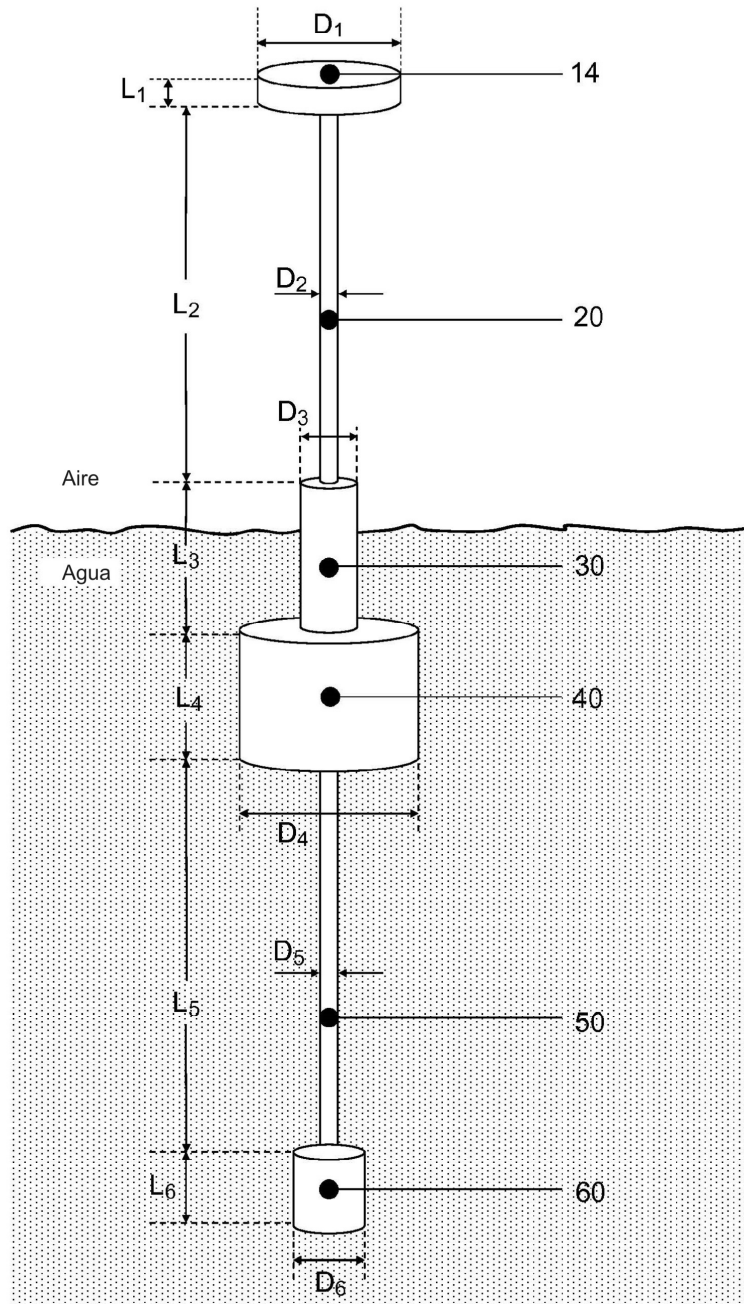


FIG.3

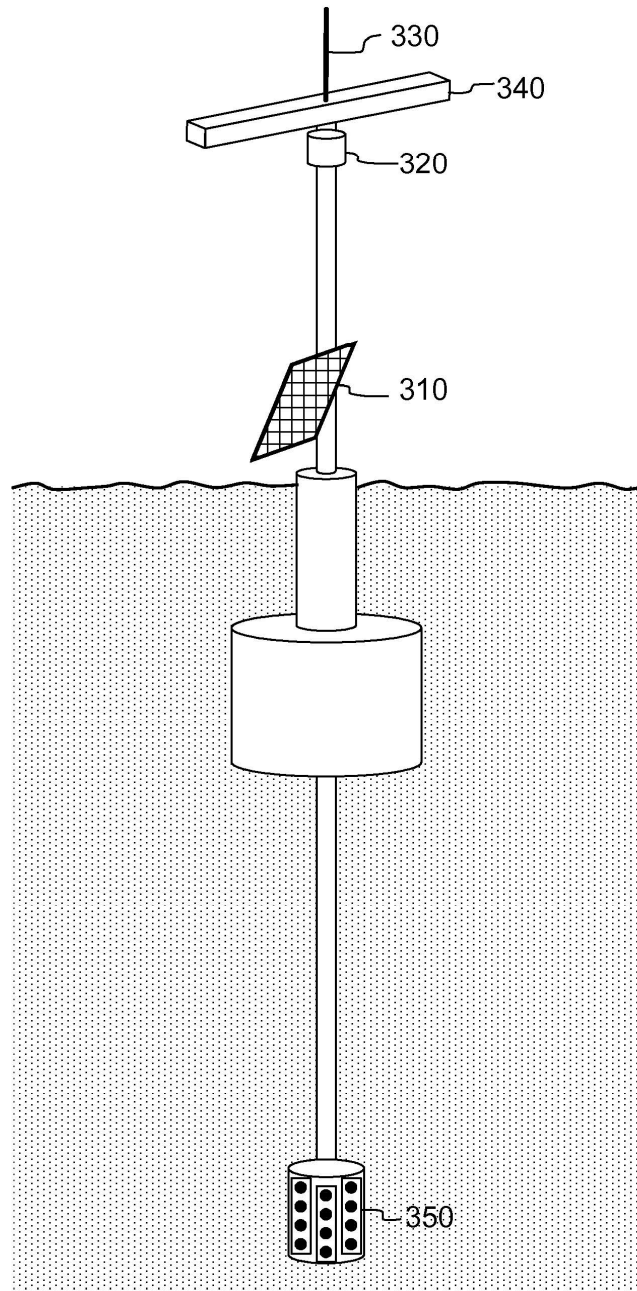


FIG.4

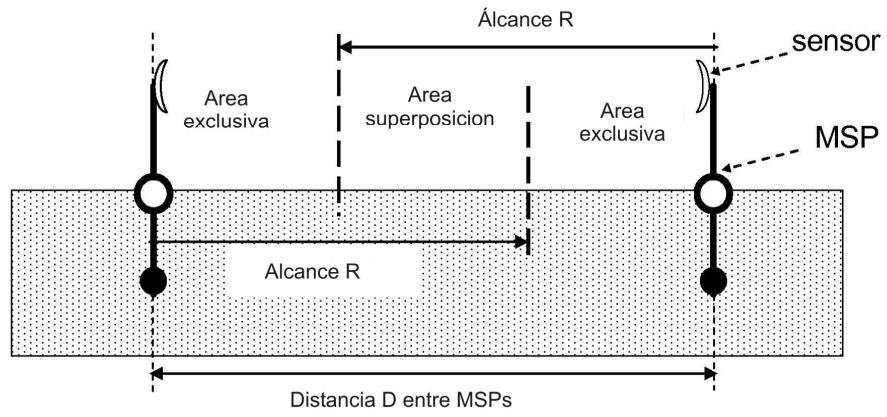


FIG.5

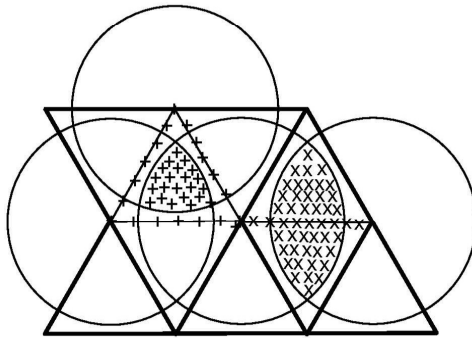


FIG.6A

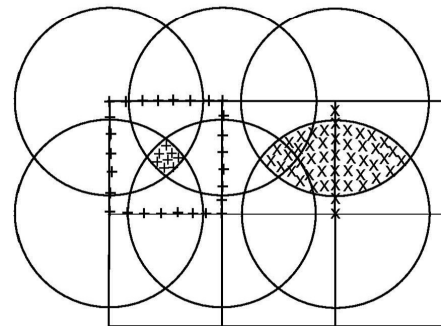


FIG.6B

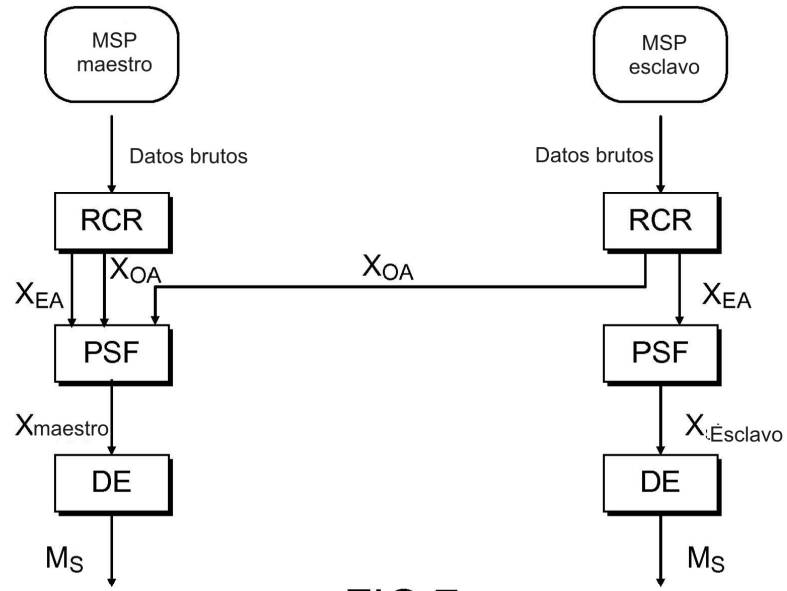


FIG.7

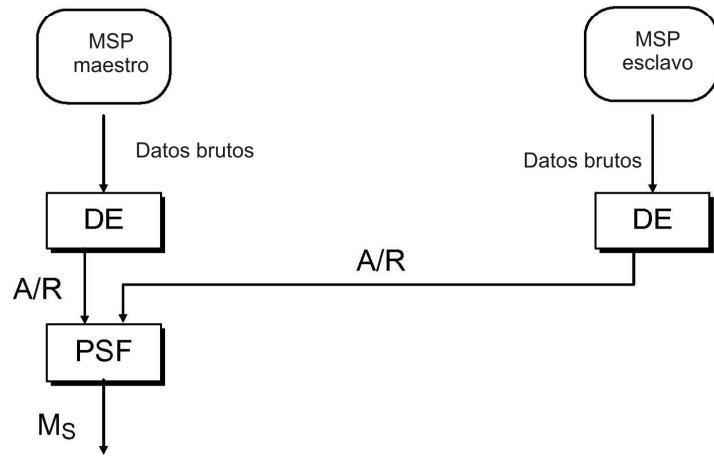


FIG.8



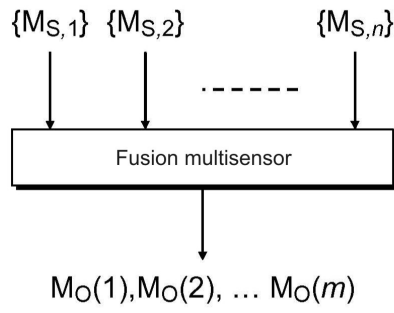


FIG.9