

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 802**

51 Int. Cl.:

G01V 1/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2019 PCT/EP2019/087154**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2020 WO20156748**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2019 E 19835427 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024 EP 3918376**

54 Título: **Sistema, procedimiento y módulo de procesamiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino**

30 Prioridad:
01.02.2019 DE 102019102548

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2024

73 Titular/es:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
**RAMOS CORDOVA, CARLOS ALEJANDRO;
PREU, BENEDICT;
STANGE, NIKOLAS;
SPIESS, VOLKHARD;
WENAU, STEFAN y
KEIL, HANNO**

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 981 802 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

Sistema, procedimiento y módulo de procesamiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino

Campo técnico

5 Los ejemplos de realización se refieren a un sistema, a procedimientos y a un módulo de procesamiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino, en donde la detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de al menos una señal acústica de uno o más objetos.

Antecedente

10 La localización de objetos de diversos tamaños en los sedimentos marinos es, en muchos casos, un requisito previo para la construcción de infraestructuras marinas y para el uso económico del lecho marino, por ejemplo, para turbinas eólicas, tuberías, plataformas, rutas de cables y perforaciones. Estos objetos pueden ser rocas u otras inhomogeneidades geológicas, pero también artefactos no detonados (Unexploded Ordnance: UXO) que yacen en las capas superiores de sedimentos. Los cantos rodados, por ejemplo, son un problema en los depósitos cuaternarios del Mar del Norte y el Mar Báltico y, en general, en muchas zonas marítimas poco profundas de las latitudes templadas y altas, mientras que los artefactos sin detonar pueden encontrarse, por ejemplo, en el Mar del Norte y el Mar Báltico. Los procedimientos convencionales de exploración del subsuelo, como la sísmica de reflexión 2D/3D, la acústica de alta resolución y la magnética, presentan diversas limitaciones a la hora de detectar objetos en los sedimentos.

20 El documento US 2007/223306 A1 trata de la adquisición de datos sísmicos marítimos mediante una grilla suelta a la que se fijan instrumentos sísmicos, por lo que la grilla suelta se arrastra a través de uno o más buques. Los instrumentos sísmicos se utilizan para detectar reflexiones de una señal sísmica.

El documento EP 2733 508 A1 trata de procedimientos y un sistema para extrapolar campos de ondas. De modo similar al documento US 2007/223306 A1, los instrumentos sísmicos se fijan a una grilla suelta y se utilizan para detectar reflexiones de una señal sísmica.

25 La localización de objetos en sedimentos marinos es una tarea en el desarrollo de infraestructuras offshore (infraestructuras construidas en el lecho marino lejos de la costa) que a menudo solo puede resolverse de forma inadecuada utilizando procedimientos convencionales.

Síntesis

30 En al menos algunos ejemplos de realización, la invención descrita en la presente puede detectar, localizar y caracterizar objetos e inhomogeneidades de varios tamaños en sedimentos marinos mediante el registro de alta precisión de la porción dispersa del campo de ondas tras la excitación por una fuente acústica.

De acuerdo con la invención, la detección, localización y caracterización de los objetos e inhomogeneidades está asegurada por un módulo de procesamiento de acuerdo con la reivindicación 14.

35 La invención se basa en el hecho de que la dispersión de al menos una señal acústica por uno o más objetos se utiliza para detectar el uno o más objetos. Para poder utilizar este efecto, la señal acústica se selecciona de forma que se adapte al tamaño de los objetos que se van a detectar, de modo que la longitud de onda de la señal acústica se encuentre aproximadamente en el mismo intervalo de tamaño que el tamaño de los propios objetos. Esta señal acústica se emite en la dirección del lecho marino, en donde es dispersada por los objetos que deben detectarse en el lecho marino. Esta dispersión es captada por varios receptores (junto con la reflexión de la señal acústica, por ejemplo) y enviada a un módulo de procesamiento para su tratamiento. El tratamiento puede tener lugar inmediatamente después de la detección, o bien los datos proporcionados por los receptores pueden ser registrados y analizados posteriormente por el módulo de tratamiento. El módulo de procesamiento está ahora diseñado para analizar los datos generados por los receptores, separar la parte de los datos que se basa en la dispersión de la señal acústica de uno o más objetos y detectar el uno o más objetos en el lecho marino basándose en estos datos aislados. Debido a las largas longitudes de onda utilizadas y, por lo tanto, también a las bajas frecuencias, la señal acústica puede penetrar muy lejos en el lecho marino, de modo que el uno o más objetos pueden detectarse a muchos metros por debajo del lecho marino.

45 Así, los ejemplos de realización proporcionan un sistema para detectar uno o más objetos en el lecho marino de acuerdo con la reivindicación 1. El sistema comprende el módulo de procesamiento de acuerdo con la reivindicación 14 y una estructura de fijación. La estructura de fijación se prevé para acoplar mecánicamente una fuente de señal y una pluralidad de receptores a un buque o a una unidad de tracción. La estructura de fijación puede ser de una sola pieza, es decir, diseñada para acoplar mecánicamente la fuente de señal y la pluralidad de receptores entre sí en una estructura coherente. Alternativamente, la estructura de fijación puede ser de varias piezas, es decir, comprender al menos dos componentes, como un componente para la fuente de señal y un componente para la pluralidad de receptores. El sistema comprende la fuente de señal, que está acoplada mecánicamente a la estructura de fijación y que está diseñada para emitir al menos una señal acústica

en la dirección del lecho marino. Una longitud de onda de la señal acústica está adaptada a un tamaño esperado de uno o más objetos, de manera que la longitud de onda de la señal acústica corresponde al menos al 10 % del tamaño esperado y como máximo al 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos. El sistema comprende la pluralidad de receptores acoplados mecánicamente a la estructura de fijación. La distancia entre receptores vecinos es, como máximo, igual a la mitad de la longitud de onda de la señal acústica. La pluralidad de receptores está configurada para generar una señal de recepción basada en la dispersión de la señal acústica procedente de uno o más objetos. El sistema comprende, además, el módulo de procesamiento, que está configurado para detectar uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica en el uno o más objetos.

5

10

Adaptando la longitud de onda de la señal acústica al tamaño de los objetos por detectar, así como la disposición de los receptores con una distancia máxima de media longitud de onda, se posibilita una detección de uno o más objetos en el lecho marino en base a la dispersión de la señal acústica en los objetos, lo que permite su detección a muchos metros por debajo del lecho marino, así como una detección de objetos que se encuentran desplazados lateralmente respecto a los receptores.

15

Los receptores de la pluralidad de receptores pueden, por ejemplo, estar dispuestos en una grilla regular o irregular. El módulo de procesamiento puede estar diseñado para detectar uno o más objetos tanto por debajo de la grilla como desplazados de la grilla basándose en la dispersión de la señal acústica en uno o más objetos. Para ello, la fuente de señal puede ser omnidireccional. En otras palabras, la al menos una fuente de señal puede diseñarse para emitir la señal acústica de manera que no se supere una reducción de la presión acústica de 3 dB a 45°. El hecho de que la dispersión de la señal acústica se utilice para detectar los objetos en los ejemplos de realización significa que se puede comprobar a la vez una zona más amplia, que también puede estar fuera de la red.

20

25

Por ejemplo, la grilla puede tener una primera dirección de expansión y una segunda dirección de expansión. La primera dirección de expansión puede definirse a lo largo de una dirección de movimiento prevista de la estructura de fijación, y la segunda dirección de expansión puede definirse ortogonal a la dirección de movimiento prevista de la estructura de fijación (es decir, transversal a la dirección de movimiento prevista).

30

La al menos una fuente de señal puede estar dispuesta en diferentes ubicaciones, tales como independiente de la pluralidad de receptores o incrustada en la grilla de la pluralidad de receptores. En otras palabras, la al menos una fuente de señal puede estar dispuesta en una extensión de la primera y/o la segunda dirección de extensión con respecto a la pluralidad de receptores. La fuente de señal también puede estar dispuesta en ángulo con respecto a la grilla, es decir, en una prolongación de ambas direcciones de extensión. De este modo, la fuente de señal puede disponerse independientemente de la pluralidad de receptores, por ejemplo, lo que permite una mayor flexibilidad en la elección de las fuentes de señal y la disposición de los componentes individuales. Alternativamente, al menos una fuente de señal puede disponerse dentro de la grilla en la que están dispuestos los receptores de la pluralidad de receptores. Esto permite utilizar la grilla para alojar también la fuente de señal.

35

40

En algunos ejemplos de realización, puede utilizarse una denominada abertura sintética, es decir, puede aumentarse sintéticamente un número de receptores en la dirección de movimiento mediante la emisión de varias señales acústicas. Por ejemplo, una abertura, es decir, una expansión (espacial) de la grilla en la segunda dirección de expansión, puede ser al menos un 25 % mayor que una abertura de la grilla en la primera dirección de expansión. La fuente de señal puede estar diseñada para emitir varias señales acústicas en una secuencia temporal predefinida en la dirección del lecho marino. La señal receptora puede basarse en una dispersión de las múltiples señales acústicas en el uno o más objetos. El módulo de procesamiento puede estar diseñado para detectar el uno o más objetos basándose en la dispersión de las múltiples señales acústicas en el uno o más objetos. De este modo, las señales acústicas múltiples pueden utilizarse para aumentar artificialmente la abertura efectiva de la grilla en la dirección del movimiento mediante el procesamiento de la señal.

45

50

La longitud de onda de la señal acústica es al menos el 10 % del tamaño esperado de uno o más objetos, y como máximo el 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos. Si se selecciona dicha longitud de onda, puede producirse una dispersión gran angular, que puede utilizarse para detectar uno o más objetos.

55

La pluralidad de receptores puede, por ejemplo, disponerse en una grilla regular, tal como en un sistema de columnas y líneas lógicas. Por ejemplo, la pluralidad de receptores puede disponerse en una estructura de grilla multidimensional (también conocida como matriz). En otras palabras, la pluralidad de receptores puede estar dispuesta en la primera dirección de extensión en una pluralidad de columnas lógicas. La pluralidad de receptores puede estar dispuesta en una pluralidad de líneas lógicas en la segunda dirección de extensión. La distancia entre receptores vecinos de la pluralidad de receptores puede definirse en la primera dirección de extensión por una distancia media entre columnas vecinas de la pluralidad de columnas. La distancia entre receptores vecinos de la pluralidad de receptores en la segunda dirección de expansión puede definirse por una distancia media entre filas vecinas de la pluralidad de filas. Una disposición regular permite una resolución mayor que otras disposiciones.

60

Alternativamente, la pluralidad de receptores puede no estar dispuesta en una estructura de grilla multidimensional. Por ejemplo, la pluralidad de receptores puede disponerse en una estructura en espiral, o en una grilla basada en un procedimiento aleatorio mejorado. Esto permite mejorar la amplificación de la señal, por ejemplo, en grillas en las que no se repite la distancia entre los receptores y el centro de la grilla.

- 5 La estructura de fijación puede implementarse de diversas maneras. Por ejemplo, la estructura de grilla multidimensional puede disponerse en un bastidor rígido de la estructura de fijación. Esto permite una calibración precisa de los receptores, por ejemplo, mediante GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Alternativamente, los receptores pueden estar unidos a cadenas. En algunos ejemplos de realización, el sistema puede comprender, además, un recipiente. La pluralidad de cadenas puede estar unida al recipiente. 10 Alternativamente, la estructura reticular multidimensional puede fijarse a una unidad de tracción rígida de la estructura de fijación (externa al recipiente). La pluralidad de columnas lógicas puede estar formada como una pluralidad de cadenas de receptores. Los receptores de una cadena lógica de la pluralidad de cadenas lógicas pueden acoplarse entre sí mediante una o varias conexiones transversales rígidas. Esto permite mantener el espaciado transversal entre los receptores. Alternativamente, la estructura de fijación puede comprender al 15 menos una placa de cizallamiento. Los receptores de una línea lógica de la pluralidad de líneas lógicas pueden acoplarse entre sí mediante una o más conexiones transversales flexibles. El al menos un tablero de cizallamiento, junto con las conexiones transversales flexibles, puede estar diseñado para estirar la pluralidad de cadenas de receptores hasta una extensión espacial predefinida.

Tras la transmisión de la señal acústica, en muchos ejemplos de realización, la señal del receptor puede basarse no solo en la dispersión de la señal acústica, sino también en una reflexión de la señal acústica. Estos 20 dos componentes de la señal pueden ser separados posteriormente por el módulo de procesamiento. En otras palabras, la señal receptora puede comprender un primer componente de señal basado en la dispersión de la señal acústica por uno o más objetos. La señal receptora puede incluir un segundo componente de señal basado en la reflexión de la señal acústica. El módulo de procesamiento puede estar diseñado para separar la 25 primera componente de la señal de la segunda componente de la señal y para detectar uno o más objetos basándose en la primera componente de la señal. El módulo de procesamiento puede estar diseñado para determinar información sobre una distancia de los uno o más objetos basándose en la segunda componente de señal (y basándose en la primera componente de señal) para aquellos objetos que están situados por debajo de la grilla. Así, la primera componente de señal puede utilizarse para detectar el uno o más objetos, como un 30 ángulo de un desplazamiento del uno o más objetos desde la fuente de señal, y la segunda componente de señal puede utilizarse para determinar la distancia del uno o más objetos (al menos si están situados por debajo de los receptores).

En algunos ejemplos de realización, el sistema comprende al menos otra fuente de señal configurada para emitir al menos otra señal acústica hacia el lecho marino. Una longitud de onda de la señal acústica adicional 35 puede ser al menos un 10 % menor o mayor que la longitud de onda de la señal acústica. Alternativamente, la señal acústica adicional puede tener sustancialmente la misma longitud de onda que la señal acústica. La fuente de señal adicional puede estar diseñada para emitir la señal acústica adicional con un retardo de tiempo respecto a la señal acústica. Por ejemplo, los objetos cuyos tamaños están en diferentes intervalos de tamaño pueden detectarse con un retardo de tiempo. Si las longitudes de onda son las mismas, puede aumentarse la 40 frecuencia de repetición para emitir las señales acústicas.

Los ejemplos de realización proporcionan, además, un módulo de procesamiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino, tal como se define en la reivindicación 14. El módulo de procesamiento está configurado para recibir información sobre al menos una señal acústica procedente de una fuente de señal 45 acústica. Una longitud de onda de la señal acústica está adaptada a un tamaño esperado de uno o más objetos, de tal manera que la longitud de onda de la señal acústica corresponde al menos al 10 % del tamaño esperado y como máximo al 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos. El módulo de procesamiento está adaptado para recibir una señal del receptor procedente de una pluralidad de receptores. La señal del receptor se basa en la dispersión de la señal acústica procedente de uno o más objetos. El módulo de procesamiento está diseñado para detectar uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más 50 objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica en el uno o más objetos.

Los ejemplos de realización proporcionan, además, un procedimiento de detección de uno o más objetos en el lecho marino. El procedimiento comprende la emisión de una señal acústica por una fuente de señal acústica. Una longitud de onda de la señal acústica se ajusta a un tamaño esperado de uno o más objetos, de tal manera 55 que la longitud de onda de la señal acústica corresponde al menos al 10 % del tamaño esperado y como máximo al 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos. El procedimiento comprende, además, la generación de una señal de recepción por una pluralidad de receptores. Una distancia entre receptores vecinos es como máximo igual a la mitad de la longitud de onda de la señal acústica. La señal del receptor se basa en la dispersión de la señal acústica por uno o más objetos. El procedimiento comprende, además, la detección de uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más objetos se basa en la 60 dispersión de al menos una señal acústica por uno o más objetos.

Breve descripción de las figuras

Algunos ejemplos de dispositivos y/o procedimientos se explican más detalladamente a continuación con referencia a las figuras adjuntas a modo de ejemplo únicamente. En ellas:

- 5 Fig. 1a muestra un diagrama esquemático de un sistema para detectar uno o más objetos en el lecho marino, así como un módulo de procesamiento de dicho sistema;
- Fig. 1b muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino;
- Fig. 2 muestra un esquema de un sistema remolcado con estructura de fijación, fuente de señal y matriz de receptores para registrar la energía dispersada por objetos en sedimentos marinos;
- 10 Fig. 3 muestra un diagrama de un régimen de difracción y dispersión gran angular en función de la escala de longitud normalizada de un objeto de dispersión;
- Fig. 4a muestra la geometría de una matriz de arrastre según un ejemplo de realización;
- Fig. 4b muestra un perfil de haz para la matriz de arrastre;
- Fig. 4c muestra una sección a través del perfil de la viga;
- Fig. 4d muestra otro perfil de haz para la matriz de arrastre utilizando una abertura sintética;
- 15 Fig. 5 muestra una correlación entre la resolución lateral alcanzable y el tamaño de la matriz de receptores; y
- Fig. 6a a 6b muestran diagramas esquemáticos de un bastidor fijo y flotante, mostrando la Fig. 6a una vista desde arriba, la Fig. 6b una vista frontal y la Fig. 6c una vista lateral.

Descripción

- 20 A continuación se describirán con más detalle diversos ejemplos con referencia a las figuras adjuntas, en las que se muestran algunos ejemplos. En las figuras, los grosores de las líneas, capas y/o áreas pueden estar exagerados para mayor claridad.

25 En consecuencia, aunque son adecuados otros ejemplos de diversas modificaciones y formas alternativas, algunos ejemplos particulares de las mismas se muestran en las figuras y se describen en detalle a continuación. Sin embargo, esta descripción detallada de otros ejemplos no se limita a las formas particulares descritas. Los ejemplos adicionales pueden abarcar todas las modificaciones, equivalentes y alternativas comprendidas en el ámbito de la divulgación. A lo largo de la descripción de las figuras, los signos de referencia idénticos o similares se refieren a elementos idénticos o similares que, cuando se comparan entre sí, pueden implementarse de manera idéntica o modificada proporcionando la misma función o una función similar.

- 30 Se entiende que, cuando un elemento se describe como "conectado" o "acoplado" a otro elemento, los elementos pueden estar conectados o acoplados directamente, o a través de uno o más elementos intermedios. Cuando dos elementos A y B se combinan utilizando un "o", debe entenderse que esto revela todas las combinaciones posibles, es decir, solo A, solo B y A y B, a menos que explícita o implícitamente se defina lo contrario. Una formulación alternativa para las mismas combinaciones es "al menos uno de A y B" o "A y/o B".
- 35 Lo mismo se aplica, mutatis mutandis, a las combinaciones de más de dos elementos.

40 La terminología utilizada en la presente para describir ciertos ejemplos no pretende ser limitativa para otros ejemplos. Si se utiliza una forma singular, por ejemplo, "un, una" y "el, la" y el uso de un único elemento no se define explícita ni implícitamente como obligatorio, otros ejemplos también pueden utilizar elementos plurales para implementar la misma función. Si una función se describe a continuación como implementada utilizando múltiples elementos, otros ejemplos pueden implementar la misma función utilizando un único elemento o una única entidad de procesamiento. Se entiende, además, que los términos "comprende", "que comprende", "presenta" y/o "que presenta", cuando se utilizan, especifican la presencia de las características, números enteros, etapas, operaciones, procesos, elementos, componentes y/o un grupo de los mismos especificados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más otras características, números enteros, etapas,

45 operaciones, procesos, elementos, componentes y/o un grupo de los mismos.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluidos los términos técnicos y científicos) se utilizan aquí en su significado ordinario en el campo al que pertenecen los ejemplos.

- 50 La Fig. 1a muestra un diagrama esquemático de un sistema 100 para detectar uno o más objetos en el lecho marino. El sistema comprende una estructura 10 de fijación, estando la estructura de fijación adaptada para acoplar mecánicamente una fuente 20 de señalización y una pluralidad de receptores 30 a un buque o a una unidad de tracción. El sistema 100 comprende, además, la fuente 20 de señalización, que está configurada

para emitir al menos una señal acústica en la dirección del lecho marino. La longitud de onda de la señal acústica está adaptada al tamaño previsto de uno o varios objetos. El sistema comprende, además, una pluralidad de receptores 30. Una distancia entre receptores vecinos es como máximo igual a la mitad de la longitud de onda de la señal acústica. La pluralidad de receptores está configurada para generar una señal de recepción basada en una dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos. El sistema comprende, además, un módulo 40 de procesamiento configurado para detectar el uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica en el uno o más objetos.

La Fig. 1b muestra un diagrama de flujo de un procedimiento (correspondiente) para detectar uno o más objetos en el lecho marino. El procedimiento comprende emitir 110 una señal acústica por una fuente de señal acústica. Una longitud de onda de la señal acústica se adapta a un tamaño esperado de uno o más objetos. El procedimiento comprende, además, generar 120 una señal de receptor por una pluralidad de receptores. Una distancia entre receptores vecinos es como máximo igual a la mitad de la longitud de onda de la señal acústica. La señal del receptor se basa en una dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos. El procedimiento comprende, además, la detección de uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos.

La siguiente descripción se refiere tanto al sistema de la Fig. 1a como al procedimiento de la Fig. 1b y al módulo 40 de procesamiento en forma aislada. Las características del sistema también pueden implementarse en el procedimiento y/o mediante el módulo de procesamiento, y viceversa.

Los presentes ejemplos de realización se refieren a un sistema y a un procedimiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino, así como a componentes individuales de dicho sistema y a los procedimientos llevados a cabo por estos componentes. El sistema está destinado, por ejemplo, a detectar objetos situados debajo de un lecho marino, como objetos situados en el sedimento del lecho marino. Por ejemplo, el sistema puede estar diseñado para detectar uno o más objetos a menos de 10 metros (o a menos de 15 metros, o a menos de 20 metros) por debajo del lecho marino. Una profundidad de detección del sistema puede, por ejemplo, extenderse al menos 10 m (o al menos 15 m, al menos 20 m) en el lecho marino. Uno o más objetos pueden ser, por ejemplo, rocas (grandes y aisladas), como bloques erráticos, situados en el lecho marino. En otros ejemplos de realización, el uno o más objetos pueden ser, por ejemplo, artefactos explosivos sin detonar (UXO). Estos objetos pueden suponer un peligro, por ejemplo, si se van a construir en el lecho marino estructuras como turbinas eólicas o plataformas de perforación sobre cimientos que sobresalen del lecho marino. Para detectar estos objetos, a diferencia de otros enfoques, los ejemplos de realización no utilizan las reflexiones causadas por una fuente de señal en los objetos, sino más bien la dispersión de una señal acústica en los respectivos objetos. Para utilizar estos efectos de dispersión, la longitud de onda de la señal acústica utilizada para la detección se ajusta al tamaño de los objetos que se van a detectar. Para obtener una dispersión gran angular en la que pueda basarse la detección, la longitud de onda de la señal acústica puede ser del mismo orden de magnitud que el tamaño de los propios objetos.

El sistema comprende la estructura 10 de fijación, en donde el término "estructura de fijación" no significa necesariamente una estructura contigua. Por ejemplo, la estructura de fijación puede comprender una primera subestructura configurada para acoplar mecánicamente la al menos una fuente de señal al buque o unidad de tracción, y la estructura de fijación puede comprender una segunda subestructura configurada para acoplar mecánicamente la pluralidad de receptores al buque o unidad de tracción. La primera y la segunda subestructuras pueden estar desacopladas mutuamente, es decir, no estar diseñadas para ser contiguas. Por ejemplo, la estructura de fijación puede comprender un bastidor (fijo) al que se acopla la pluralidad de receptores. La fuente de señal puede estar acoplada mecánicamente al bastidor, pero no tiene por qué estarlo; también puede estar acoplada mecánicamente al buque o a la unidad de tracción independientemente del bastidor. Alternativamente, la estructura de fijación puede estar diseñada para estar conectada, es decir, acoplar también mecánicamente la al menos una fuente de señal a la pluralidad de receptores.

La estructura de fijación tiene por objeto acoplar mecánicamente la fuente 20 de señal y la pluralidad de receptores 30 al buque o a la unidad de tracción. Por consiguiente, el sistema también puede comprender el buque o la unidad de tracción. Por ejemplo, el buque puede ser un buque de reconocimiento. La estructura de fijación puede estar diseñada para ser remolcada por el buque. Alternativamente, el sistema también puede ser autopropulsado sin un buque, es decir, también puede comprender la unidad de tracción, que puede estar diseñada para mover el sistema sobre la superficie del mar bajo control remoto o de acuerdo con un patrón predeterminado (por ejemplo, en conjunción con una unidad de control). La unidad de tracción puede incluir los correspondientes componentes de accionamiento y control, como un motor de accionamiento y la unidad de control.

En ejemplos de realización, la pluralidad de receptores se distribuye sobre un área. Esta área forma la abertura de la pluralidad de receptores, es decir, cuanto mayor sea el área, mayor será la abertura de la pluralidad de receptores. En lo sucesivo, esta zona se denominará grilla, pero el término "abertura" también puede utilizarse como sinónimo. El término "rejilla" no implica que la pluralidad de receptores deba estar necesariamente

dispuesta en un patrón regular, por ejemplo, en una estructura de grilla bidimensional o tridimensional; se trata simplemente de un ejemplo de una realización. Alternativamente, también son posibles otros patrones regulares o irregulares, como un patrón en espiral o un patrón (pseudo)aleatorio mejorado. La grilla puede tener una primera dirección de expansión y una segunda dirección de expansión. La primera dirección de expansión puede definirse a lo largo de una dirección de movimiento prevista de la estructura de fijación. La segunda dirección de expansión puede definirse ortogonalmente (transversalmente) a la dirección de movimiento prevista de la estructura de fijación.

Así, los receptores de la pluralidad de receptores pueden estar dispuestos en una grilla regular o irregular que forma la abertura de la pluralidad de receptores. El módulo de procesamiento puede estar configurado para detectar uno o más objetos tanto debajo de la grilla (el área, la abertura) como desplazados de la grilla, por ejemplo, desplazados al menos 10° (o desplazados al menos 20°, desplazados al menos 30°, desplazados al menos 45°), basándose en la dispersión de la señal acústica por uno o más objetos. Con una abertura grande, el ángulo puede ser superior a 45°.

El sistema comprende, además, la al menos una fuente de señal. La al menos una fuente de señal puede estar dispuesta en diferentes posiciones, por ejemplo, fuera de la grilla, o también dentro de la grilla. Por ejemplo, la al menos una fuente de señal puede estar dispuesta en una extensión de la primera o de la segunda dirección de extensión con respecto a la pluralidad de receptores. Alternativamente, la fuente de señal puede estar dispuesta en cualquier posición próxima a la grilla. Sin embargo, la al menos una fuente de señal también puede estar dispuesta dentro de la grilla. En otras palabras, la al menos una fuente de señal puede estar dispuesta dentro de la grilla en la que están dispuestos los receptores de la pluralidad de receptores.

La al menos una fuente de señal está diseñada para emitir al menos una señal acústica en la dirección del lecho marino. A tal fin, la fuente de señal puede disponerse en la estructura de fijación, por ejemplo, de forma que la fuente de señal se encuentre bajo el agua cuando se utilice. La al menos una fuente de señal puede ser una fuente de señal acústicas y/o sísmicas, como una pistola GI (pistola inyectora generadora), un sparker (fuente de sonido con descarga eléctrica) o un boomer (fuente de sonido que almacena la energía en condensadores y la emite a través de una bobina plana en espiral para que el agua se desplace por una placa de cobre vecina). Los términos acústico y sísmico pueden utilizarse indistintamente en la presente, ya que el presente enfoque utiliza longitudes de onda que pueden asignarse tanto a las señales acústicas como a las sísmicas. Así, en otra interpretación, la señal acústica puede ser también una señal sísmica. La al menos una fuente de señal puede ser una fuente de señal omnidireccional. En otras palabras, la al menos una fuente de señal puede estar configurada para emitir la señal acústica de manera que no se supere una reducción de la presión acústica de 3 dB a 45° (en relación con una normal que emane de la al menos una fuente de señal).

La longitud de onda de la señal acústica se adapta a un tamaño esperado de uno o más objetos. El tamaño esperado de uno o más objetos puede, por ejemplo, ser un valor predeterminado por el objetivo de la detección. Si, por ejemplo, se van a encontrar rocas, se puede utilizar una longitud de onda diferente que en un caso en donde se vayan a encontrar municiones, o un buque hundido, por ejemplo. Por lo tanto, la longitud de onda de la señal acústica (o sísmica) puede estar en el mismo intervalo que el tamaño esperado de uno o más objetos. La longitud de onda de la señal acústica es de al menos el 10 % (o al menos el 20 %, al menos el 30 %, al menos el 50 %) del tamaño esperado de uno o más objetos. La longitud de onda de la señal acústica es como máximo el 1000 % (o como máximo el 800 %, o como máximo el 500 %) del tamaño esperado de uno o más objetos. El presente sistema y procedimiento pueden utilizarse en muchos casos para detectar objetos bastante más grandes, como rocas o artefactos explosivos sin detonar. Por ejemplo, la longitud de onda de la señal acústica puede ser de al menos 50 cm (o al menos 80 cm, al menos 100 cm, al menos 150 cm). El sistema también puede comprender varias fuentes de señales que emitan la señal acústica con la misma longitud de onda, por ejemplo, para lograr una secuencia más rápida en la emisión de varias señales acústicas, como cuando se utiliza una abertura sintética.

En un proceso de detección pueden utilizarse también, por ejemplo, diferentes longitudes de onda con un retardo de tiempo, por ejemplo, emitiendo varias señales acústicas con un retardo de tiempo correspondiente por las fuentes de señales. Así, el sistema puede comprender al menos otra fuente de señal diseñada para emitir al menos otra señal acústica en la dirección del lecho marino. Una longitud de onda de la señal acústica adicional puede ser al menos un 10 % (o al menos un 20 %, al menos un 50 %) menor o mayor que la longitud de onda de la señal acústica. La fuente de señal adicional puede estar diseñada para emitir la señal acústica adicional con un retardo respecto a la señal acústica. La longitud de onda de la señal acústica adicional también puede adaptarse al tamaño esperado de uno o más objetos, por ejemplo, si se van a detectar objetos que se encuentran en diferentes intervalos de tamaño.

El sistema comprende, además, la pluralidad de receptores. Los receptores de la pluralidad de receptores pueden ser, por ejemplo, hidrófonos, que son micrófonos que pueden utilizarse bajo el agua para captar o escuchar sonido subacuático. La pluralidad de receptores puede, por ejemplo, estar diseñada para detectar un frente de onda creado por la dispersión (y opcionalmente también la reflexión) de la al menos una señal acústica en uno o más objetos (y opcionalmente también en el lecho marino) y para generar la señal del receptor basada

en el frente de onda detectado. Así pues, la pluralidad de receptores está diseñada para generar la señal de recepción basándose al menos en la dispersión de la señal acústica en uno o más objetos. Con frecuencia, los receptores detectan tanto la dispersión como la reflexión de la señal acústica. En estos casos, los componentes basados en la dispersión y los componentes basados en la reflexión pueden ser separados por el módulo de procesamiento. En otras palabras, la señal del receptor puede incluir un primer componente de señal basado en la dispersión de la señal acústica procedente de uno o más objetos. La señal receptora puede comprender, además, un segundo componente de señal basado en una reflexión de la al menos una señal acústica. El módulo 40 de procesamiento puede estar configurado para separar la primera componente de señal de la segunda componente de señal. El módulo de procesamiento también puede estar configurado para detectar el uno o más objetos basándose en la primera componente de señal. La segunda componente de la señal puede utilizarse a su vez para determinar la distancia de uno o más objetos con respecto a la pluralidad de receptores, al menos si estos están dispuestos por debajo de la grilla. Así, el módulo de procesamiento puede estar adaptado, además, para determinar información sobre una distancia de los uno o más objetos (relativa a la pluralidad de receptores y/o relativa a la fuente de señal) basándose en la segunda componente de señal (y basándose en la primera componente de señal) para aquellos objetos que están situados por debajo de la grilla. Alternativamente, la pluralidad de receptores puede estar diseñada para detectar solo la dispersión de la señal acústica en el uno o más objetos y generar la señal del receptor basada en esto.

La pluralidad de receptores puede disponerse en cualquier grilla, siempre que al menos las distancias (medias) entre los receptores sean como máximo tan grandes (o menores) como la mitad de la longitud de onda de la señal acústica (o menores que la mitad de la longitud de onda más corta de la señal acústica en el caso de varias señales acústicas). Por ejemplo, para aumentar la resolución del sistema, la pluralidad de receptores puede disponerse en una estructura de grilla multidimensional (como una bidimensional o una tridimensional). En una estructura de grilla tridimensional, por ejemplo, los receptores pueden calibrarse basándose en su disposición en la tercera dimensión. Alternativamente, la pluralidad de receptores puede no estar dispuesta en una estructura de grilla multidimensional. En particular, la pluralidad de receptores puede estar dispuesta en una estructura en espiral, o en una disposición (pseudo)aleatoria mejorada. En este caso, la distancia entre receptores vecinos (por ejemplo, en la segunda dirección de extensión) puede ser como máximo tan grande como (o menor que) el 50 % de la longitud de onda de la señal acústica. Si la grilla de la pluralidad de receptores comprende más de una fila de receptores (en la segunda dirección de extensión), la distancia entre receptores vecinos en la primera dirección de extensión también puede ser tan grande como (o menor que) el 50 % de la longitud de onda de la señal acústica. Un límite inferior viene definido por el esfuerzo necesario para aumentar la densidad de los receptores.

Aquí, el espaciado entre los receptores puede definirse a lo largo de una de las dos direcciones de expansión en cada caso, es decir, el espaciado puede definirse a lo largo de la primera dirección de expansión y/o a lo largo de la segunda dirección de expansión. Por ejemplo, la pluralidad de receptores puede estar dispuesta en la primera dirección de expansión en una pluralidad de columnas lógicas. La pluralidad de receptores puede estar dispuesta en la segunda dirección de expansión en una pluralidad de líneas lógicas. La distancia entre receptores vecinos de la pluralidad de receptores en la primera dirección de expansión puede definirse por una distancia media (o máxima) entre columnas vecinas de la pluralidad de columnas. La distancia entre receptores vecinos de la pluralidad de receptores en la segunda dirección de expansión puede definirse por una distancia media (o máxima) entre filas vecinas de la pluralidad de filas.

La resolución del sistema viene definida por el tamaño de la abertura, es decir, de la grilla. Por lo tanto, una extensión de la grilla en la segunda dirección de extensión puede ser al menos dos veces (o al menos tres veces, cinco veces) una longitud de onda de la señal acústica. Una extensión de la grilla en la segunda dirección de extensión que sea cinco veces la longitud de onda de la señal acústica representa un buen compromiso entre resolución y manejabilidad. En la primera dirección de extensión, la extensión de la grilla puede ser menor, por ejemplo, en el caso de una abertura sintética. Por ejemplo, una realización del sistema puede comprender una única fila de receptores, y tres o más filas de receptores. De nuevo, al proporcionar múltiples filas, la resolución del sistema puede incrementarse. El tamaño de la abertura puede limitarse hacia arriba únicamente por la manejabilidad del sistema.

El sistema comprende, además, el módulo 40 de procesamiento configurado para detectar el uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos.

La detección puede realizarse tanto inmediatamente después de la generación de la señal del receptor como en un momento posterior. Los datos pueden almacenarse en un primer momento y el procesamiento puede llevarse a cabo más tarde (en un segundo momento), aunque no necesariamente durante la grabación. Así, el módulo de procesamiento o un módulo de control de la pluralidad de receptores puede estar diseñado para almacenar la señal del receptor en una memoria, por ejemplo, en una memoria de solo lectura o en una memoria de cinta. El módulo de procesamiento puede estar diseñado para leer la señal del receptor de la memoria o para recibir la señal del receptor de la memoria y realizar la detección de uno o más objetos después. Por ejemplo, el módulo de procesamiento puede estar diseñado para llevar a cabo la detección de uno o más objetos tras la finalización de un trayecto de medición en tierra.

Para poder realizar la detección, la señal del receptor puede vincularse con gran precisión a una posición de la grilla del receptor en el momento en que se genera la señal del receptor. Para ello, el sistema puede comprender, además, al menos un receptor GPS (Global Positioning System) y (opcionalmente) al menos un sensor de movimiento. Una unidad de control de la pluralidad de receptores, el módulo de procesamiento o un módulo de grabación pueden comprender el receptor GPS y/o el sensor de movimiento para vincular la señal del receptor a la posición de la pluralidad de receptores. Además, un receptor GPS y (opcionalmente) un sensor de movimiento pueden estar dispuestos en la fuente de señal. De este modo, el módulo de procesamiento o el módulo de grabación pueden estar diseñados para vincular también la posición de la fuente de señal con la señal del receptor, es decir, para almacenarla junto con la señal del receptor.

En este caso, el módulo de procesamiento puede estar configurado para determinar una o más irregularidades en la señal del receptor, y para detectar uno o más objetos basándose en una o más irregularidades. Por ejemplo, el módulo de procesamiento se puede configurar para determinar una compensación (tal como una compensación angular) de los uno o más objetos en relación con una posición de la pluralidad de receptores basados en la señal del receptor (tal como basado en las una o más irregularidades).

Así, los ejemplos de realización proporcionan el módulo de procesamiento y un procedimiento para un módulo de procesamiento en forma aislada. Por ejemplo, el módulo de procesamiento está configurado para recibir información sobre al menos una señal acústica de una fuente 20 de señal acústicas. Una longitud de onda de la señal acústica está adaptada a un tamaño esperado de uno o más objetos. Por ejemplo, el módulo de procesamiento puede estar configurado para controlar la al menos una fuente de señal, en donde la información sobre la al menos una señal acústica se basa en el control de la al menos una fuente de señal. Alternativamente, el módulo de procesamiento solo puede leer información sobre un tiempo de emisión de la señal acústica y/o información sobre la longitud de onda de una memoria, por ejemplo, de una memoria que también comprende la señal del receptor, si la detección de uno o más objetos se lleva a cabo posteriormente. El módulo de procesamiento también está diseñado para recibir la señal del receptor de la pluralidad de receptores 30. El módulo de procesamiento puede estar diseñado para recibir la señal del receptor directamente de la pluralidad de receptores, por ejemplo, si la detección de los objetos se lleva a cabo inmediatamente. Alternativamente, el módulo de procesamiento puede estar diseñado para leer el módulo receptor de una memoria. La señal del receptor se basa en la dispersión de al menos una señal acústica por uno o más objetos. La señal del receptor también está diseñada para detectar el uno o más objetos basándose en la señal del receptor. La detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica en el uno o más objetos.

Un procedimiento correspondiente comprende la obtención de la información sobre la al menos una señal acústica a partir de la fuente 20 de señal acústicas, en donde una longitud de onda de la señal acústica se corresponde con un tamaño esperado de uno o más objetos. El procedimiento comprende, además, obtener la señal del receptor a partir de la pluralidad de receptores 30, en donde la señal del receptor se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica a partir del uno o más objetos. El procedimiento comprende, además, detectar el uno o más objetos basándose en la señal de receptor, en donde la detección del uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica desde el uno o más objetos. Los ejemplos de realización proporcionan, además, un programa que comprende un código de programa para realizar el procedimiento cuando el código de programa se ejecuta en un ordenador, un procesador, un controlador o un componente de hardware programable.

En ejemplos de realización, el módulo 40 de procesamiento puede corresponder a cualquier controlador o procesador o componente de hardware programable. Por ejemplo, el módulo 40 de procesamiento también puede implementarse como software programado para un componente de hardware correspondiente. A este respecto, el módulo 40 de procesamiento puede implementarse como hardware programable con el software adaptado correspondiente. Puede utilizarse cualquier procesador, como procesadores de señales digitales (DSP). Los ejemplos de realización no se limitan a un tipo específico de procesador. Cualquier procesador o incluso varios procesadores son concebibles para implementar el módulo 40 de procesamiento. El módulo de procesamiento puede comprender, además, o estar acoplado a una interfaz, en donde la interfaz puede corresponder a una o más entradas y/o una o más salidas para recibir y/o transmitir información, tal como en valores de bits digitales basados en un código, dentro de un módulo, entre módulos, o entre módulos de diferentes entidades.

En al menos algunos ejemplos de realización, puede utilizarse una abertura sintética, es decir, a lo largo de la primera dirección de expansión, la abertura puede agrandarse artificialmente mediante la emisión de múltiples señales acústicas, siempre que estas señales múltiples se utilicen acumulativamente para detectar uno o más objetos. Por ejemplo, la abertura (real, espacial) de la grilla en la segunda dirección de expansión puede ser al menos un 25 % mayor que la abertura de la grilla en la primera dirección de expansión. La abertura efectiva de la grilla en la primera dirección de expansión puede aumentarse utilizando una abertura sintética. La abertura sintética permite compensar una expansión potencialmente menor de la grilla/matriz en la dirección de movimiento mediante el procesamiento de los datos. Por ejemplo, la fuente 20 de señal puede estar diseñada para emitir varias señales acústicas en una secuencia temporal predefinida en la dirección del lecho marino. La señal del receptor puede basarse en una dispersión de las múltiples señales acústicas en el uno o más

objetos. El módulo 40 de procesamiento puede estar configurado para detectar el uno o más objetos basándose en la dispersión de la pluralidad de señales acústicas en el uno o más objetos.

5 Hay varias maneras de acoplar la pluralidad de receptores al buque o al sistema de tracción a través de la estructura de fijación. Por ejemplo, la pluralidad de receptores, tal como la estructura de grilla multidimensional, o cualquier otra disposición de receptores puede disponerse en un bastidor rígido de la estructura 10 de fijación, tal como se muestra en las Fig. 6a a 6b. El bastidor rígido puede estar hecho de metal o de un material compuesto, por ejemplo.

10 En los casos en los que la pluralidad de receptores 30 están dispuestos en una pluralidad de columnas lógicas en una primera dirección de extensión (como la estructura de grilla multidimensional), la estructura de grilla multidimensional puede fijarse a una unidad de tensión rígida de la estructura de fijación, por ejemplo, y la pluralidad de columnas lógicas puede formarse como una pluralidad de cadenas de receptores. Alternativamente, la pluralidad de cadenas puede fijarse directamente al buque, o a la unidad de tracción con la unidad de tracción rígida.

15 Para mantener las distancias entre las columnas, estas pueden estabilizarse entre sí. Por ejemplo, los receptores de una línea lógica de la pluralidad de líneas lógicas pueden estar acoplados (mecánicamente) mediante una o más conexiones transversales rígidas diseñadas para efectuar el espaciado transversal entre las columnas lógicas. Alternativamente, los espaciamientos transversales también pueden efectuarse por otros medios. Por ejemplo, la estructura 10 de fijación, como la segunda subestructura de la estructura de fijación, puede comprender al menos una tabla de cizallamiento, por ejemplo, dos tablas de cizallamiento. Los
20 receptores de una línea lógica de la pluralidad de líneas lógicas pueden acoplarse entre sí mediante una o más conexiones transversales flexibles. La al menos una tabla de cizallamiento puede estar diseñada, junto con las conexiones transversales flexibles, para estirar la pluralidad de cadenas de receptores hasta una extensión espacial predefinida.

25 Además, la estructura de fijación puede comprender también una o más boyas configuradas para mantener la estructura de fijación al menos parcialmente por encima del agua, de forma que, por ejemplo, la al menos una fuente de señal y la pluralidad de receptores estén sumergidos en uso, pero la estructura de fijación como tal flote en el agua y pueda desplazarse por el agua detrás del buque (o con la unidad de tracción).

30 A continuación, los ejemplos de realización se complementan con otros ejemplos. Así, las características descritas en relación con las Figuras 1a y 1b pueden transferirse a los ejemplos de realización de las figuras siguientes, y viceversa. Los ejemplos de realización descritos en relación con las Figuras 1a y 1b pueden comprender una o más características que se describen a continuación.

35 Al menos algunos ejemplos de realización tratan de una caracterización desacoplada de objetos en el subsuelo. Para permitir la detección y localización de objetos en sedimentos marinos, la parte retrodispersada de una señal sísmica emitida (como la señal acústica) puede registrarse con suficiente resolución espacial y temporal (por ejemplo, por una pluralidad de receptores para generar la señal del receptor). Para ello, una red de receptores optimizada para la longitud de onda de la señal sísmica emitida (como una pluralidad de receptores) puede remolcarse por separado hasta una fuente sísmica convenientemente seleccionada (como la fuente de señal) (Fig. 2).

40 La longitud de onda de la señal de la fuente puede adaptarse al tamaño supuesto de los objetos por detectar, es decir, los dispersores puntuales. Existen diversas fuentes acústicas o sísmicas como fuentes de señal para este fin, por ejemplo, GI gun (pistola inyectora generadora), sparker (fuente de sonido con descarga eléctrica), boomer (fuente de sonido que almacena la energía en condensadores y la emite a través de una bobina plana en espiral de modo que el agua se desplaza por una placa de cobre vecina). Una mejora en la disposición del receptor permite evitar los efectos de alias espacial, mejorar la resolución a lo largo del perfil recorrido y mejorar
45 la posible amplificación de la señal durante el tratamiento posterior.

La Fig. 2 muestra un esquema de un sistema 200 de remolque con estructura 10 de fijación, fuente 20 de señal y matriz 30 de receptores (por ejemplo, la pluralidad de receptores dispuestos en una grilla, la matriz puede traducirse como una estructura de grilla) para registrar la energía dispersa de objetos (por ejemplo, cantos rodados erráticos) en sedimentos 230, 240 marinos. La estructura de fijación se fija a un buque de reconocimiento con la fuente de señal y la matriz de receptores. Debido a la gran extensión transversal de la matriz, las señales dispersas pueden registrarse en un abanico 220 a lo largo del perfil y analizarse para la
50 detección de objetos. El abanico 220 muestra la penetración máxima de la señal acústica emitida y el límite de la adquisición de datos a lo largo del perfil. El aerogenerador 210, que presenta una cimentación denominada monopilote (cimentación basada en un único pilar), ilustra cómo los objetos en el sedimento pueden dificultar el asentamiento de la cimentación.
55

Cabe esperar una fuerte dispersión de una señal sísmica/acústica si la longitud de onda de la señal de la fuente sísmica generada es del mismo orden de magnitud que el tamaño de los objetos que se dispersan. Por lo tanto, la relación K/λ de la longitud de onda λ de una señal acústica y el tamaño de un cuerpo K puede estar en el

intervalo de 0,2 a 2 para lograr una fuerte difracción gran angular (véase la Fig. 3), es decir, la longitud de onda de la señal acústica se adapta al tamaño esperado de uno o más objetos. Si, por ejemplo, las fuentes de dispersión (como uno o más objetos) en el intervalo de tamaño de 0,3 m a 3 m son de interés principal en una investigación, la longitud de onda puede ser de 1,5 m, por ejemplo. Esto corresponde a una frecuencia de 1000 Hz, suponiendo que la velocidad de propagación es de unos 1500 m/s, que corresponde a la velocidad del sonido en el agua.

La Fig. 3 muestra un régimen de difracción (310-350) y una intensidad 300 de una difracción de gran ángulo en función de la escala de longitud normalizada de un objeto de dispersión, que corresponde a la relación A de la longitud de onda λ de una señal acústica y el tamaño de un cuerpo A . El símbolo de referencia 310 denota la dispersión gran angular, el símbolo de referencia 320 denota la dispersión Rayleigh, el símbolo de referencia 330 denota la formación de ondas coda, el símbolo de referencia 340 denota la atenuación de la dispersión y el símbolo de referencia 350 muestra una aproximación de la reflexión hiperbólica. El eje x indica una longitud de escala normalizada de la discontinuidad, y el eje y muestra la respuesta de radiación gran angular (en escala logarítmica).

Cuando se registran datos sísmicos, puede producirse desfase en el espacio si la distancia entre los receptores es superior a la mitad de la longitud de onda de la señal que se va a recibir. En ese caso, es posible que el frente de onda registrado ya no pueda reconstruirse con precisión y que, por ejemplo, no sea posible localizar un dispersor puntual. Por esta razón, la solución que se muestra aquí implica que la distancia entre los receptores en la dirección del perfil y a través de él puede ser inferior a la mitad de la longitud de onda. El posicionamiento exacto de los receptores puede ser de gran importancia en muchos casos y puede realizarse, por ejemplo, en una construcción de bastidor. Para un posicionamiento preciso, se puede utilizar un GPS para determinar la posición y la orientación del sistema de receptores (por ejemplo, el número de receptores). Siguiendo con el ejemplo anterior, la distancia entre dos receptores adyacentes puede ser inferior a 0,75 m para poder obtener imágenes de fuentes de dispersión con un tamaño comprendido entre 0,3 m y 3 m a una frecuencia de 1000 Hz y, por lo tanto, una longitud de onda de 1,5 m.

La Fig. 4a muestra una geometría de una matriz 400 de arrastre (como la estructura de fijación, con la pluralidad de receptores) según un ejemplo de realización, diseñado para una frecuencia de fuente de -1000 Hz. El signo de referencia 410 denota la extensión en la dirección del perfil (por ejemplo, en la primera dirección de extensión, por ejemplo, en la dirección del movimiento previsto de la estructura de fijación), el signo de referencia 420 denota la extensión transversal a la dirección del perfil (por ejemplo, en la segunda dirección de extensión, por ejemplo, ortogonal a la dirección del movimiento previsto de la estructura de fijación), y el signo de referencia 430 denota las posiciones de los receptores.

La Fig. 4b muestra un patrón de haz (perfil de haz) para la matriz con un frente de onda modelado que incide frontalmente en la matriz desde abajo. El contorno de -3 dB 440 muestra la anchura del haz característica del sistema. En la Fig. 4b (y en la Fig. 4d), el ángulo de incidencia se representa en un círculo alrededor del centro, con zonas sombreadas más claras que indican una mayor energía (en dB) y zonas más oscuras que indican una menor energía. La Fig. 4c muestra una sección a través del patrón del haz transversal a la dirección del perfil. Los lóbulos principales y laterales son claramente reconocibles. En este caso, se puede determinar una anchura del haz a -3 dB de $-9,5^\circ$, una anchura del lóbulo principal de $\sim 11^\circ$ y un nivel de energía máximo de los lóbulos laterales de -13 dB. En la Fig. 4c, el ángulo de incidencia (en grados) se representa en el eje x y la energía (en dB) en el eje y . La Fig. 4d muestra cómo la resolución en esta dirección puede mejorarse significativamente ampliando artificialmente la matriz en la dirección longitudinal (matriz de abertura sintética, estructura de grilla con una abertura generada sintéticamente).

Los estudios de modelización han demostrado que la resolución lateral alcanzable transversalmente a la dirección de remolque del sistema depende directamente de la extensión de la zona ocupada por los receptores, es decir, de la abertura de la matriz transversalmente a la dirección de remolque. La resolución en la dirección transversal es, en algunos casos, más importante que en la dirección de remolque, ya que la resolución puede aumentarse a lo largo del perfil registrado, por ejemplo, aumentando la cadencia de disparo de la fuente sísmica. La resolución lateral específica, por ejemplo, la distancia mínima entre dos dispersores puntuales para poder registrar estos dos objetos como eventos separados. El denominado "patrón del haz" y, por lo tanto, características importantes de una matriz, como la anchura del haz, pueden calcularse al menos en algunos ejemplos de realización si se conocen las posiciones exactas de los receptores individuales (Fig. 3). La anchura del haz indica la resolución de una matriz como la diferencia angular entre dos cuerpos de dispersión. En general, al menos en algunos ejemplos de realización, la resolución aumenta cuanto mayor es la anchura de abertura (Fig. 5).

La Fig. 5 muestra una correlación de la resolución lateral alcanzable (anchura del haz, representada en el eje y) en función del tamaño de la matriz receptor (representado como abertura/longitud de onda en el eje x). En algunos ejemplos, una abertura de la matriz de aproximadamente cinco veces la longitud de onda muestra una buena combinación de resolución suficiente y tamaño de matriz practicable para el uso de buques de medición.

El procesamiento posterior de los datos registrados puede mejorar la resolución más allá de la anchura del haz. Por lo tanto, en algunos ejemplos de realización, el objetivo es mantener la abertura de la matriz mayor o igual a cinco veces la longitud de onda, con lo que se pueden conseguir anchuras de haz $<10^\circ$ (véase la Fig. 5). También son posibles matrices más pequeñas, pero la resolución puede verse afectada por esta reducción.

5 Para aumentar la resolución de la matriz en la dirección del perfil, se pueden procesar juntos varios disparos consecutivos de la fuente para formar uno solo. Esto permite ampliar artificialmente la abertura de la matriz en la dirección del perfil ("matriz de abertura sintética"), aumentando así la resolución de los datos en esta dirección (véase también la Fig. 4d). En el ejemplo descrito, el receptor puede tener una anchura mínima de 7,5 m (5 x 1,5 m de longitud de onda de la señal de origen). La longitud de la matriz puede reducirse, pero tiene sentido

10 incluir tantas unidades de registro como sea posible para mejorar las estadísticas del registro. Una abertura longitudinal de 2,5 a 3 metros puede considerarse sensata con respecto a una buena manejabilidad en el uso práctico. Normalmente, la velocidad del buque durante estas investigaciones corresponde a 3-5 kn, lo que equivale aproximadamente a 1,5-2,6 m/s. Para que la abertura artificial en sentido longitudinal coincida con la abertura en sentido transversal, todos los disparos pueden combinarse en una matriz sintética en una ventana temporal de aproximadamente 3-5 s.

Como se ha demostrado, la disposición de los receptores, es decir, la distancia entre los receptores en la matriz, es un factor de influencia importante para un mejor registro de la energía dispersa y el éxito de la detección de la energía dispersa en las grabaciones. Se trata de un factor importante en muchos casos, ya que la dispersión es muy débil en comparación con las reflexiones y, por lo tanto, puede verse fácilmente ahogada por el ruido.

20 La disposición exacta de los receptores en la matriz (por ejemplo, distribuidos uniformemente en ángulos rectos, en espiral o distribuidos aleatoriamente) también influye en la resolución alcanzable de la medición en una pequeña medida. Al menos en algunos ejemplos de realización, la mejor resolución puede lograrse con una grilla regular de receptores (véanse las Fig. 2 y 3), mientras que la mejor amplificación de la señal puede lograrse con disposiciones en las que no se repite ninguna distancia entre los receptores y el centro de la matriz. Estas últimas disposiciones pueden lograrse, por ejemplo, mediante disposiciones de receptores en espiral o distribuidos aleatoriamente y mejorados.

Los ejemplos de realización incluyen una estructura de fijación utilizada para fijar los receptores y la fuente de señal al buque de modo que puedan ser remolcados por el buque. Puede prestarse especial atención a cómo se fijan los receptores de la pluralidad de receptores (como la matriz de receptores). Hay muchas opciones concebibles para el diseño real:

30

Bastidor rígido: Algunos ejemplos de realización se basan en un bastidor fijo y flotante, como el que se muestra en las Fig. 6a a 6c. Dado que se utilizó una frecuencia de fuente de -1000 Hz, podrían utilizarse las dimensiones de ejemplo descritas con anterioridad. El bastidor 610 mostrado (aproximadamente la segunda subestructura de la unidad de montaje) mide 8 metros de ancho y 2,5 metros de largo, y tiene una altura de aproximadamente

35 1 metro. En el bastidor se ha instalado una unidad de referencia de movimiento 630 (MRU, un sensor de movimiento) para controlar los movimientos del bastidor y, en caso necesario, corregir los desfases temporales causados por estos movimientos. Las unidades receptoras (aproximadamente la mayoría de los receptores) se fijaron al bastidor y se calibraron con precisión. El bastidor también permite controlar con precisión la profundidad de los receptores. El posicionamiento exacto del bastidor puede lograrse utilizando un GPS, al igual que con otros diseños (véase más adelante). Además, la posición de los receptores individuales puede reconstruirse por triangulación utilizando una señal acústica de alta frecuencia captada por los receptores. En el bastidor 610 se monta una cadena 620 de receptores (denominada "streamer") en bucles (que pueden incluir la pluralidad de receptores) para abarcar la red de receptores en la abertura requerida, y un cable 640 MRU que conecta la MRU 630 al buque. El número de referencia 610 denota boyas configuradas para sostener el

40 bastidor a una profundidad de agua predefinida.

45

Unidad de tensión rígida: Como alternativa al diseño descrito con anterioridad, podría utilizarse únicamente una unidad de tensión fija. En este caso, las cadenas receptoras de la configuración seleccionada pueden fijarse a una conexión transversal rígida a intervalos específicos. Esta conexión transversal puede ser remolcada por el buque. Las cadenas receptoras pueden colgar libremente en el agua detrás del dispositivo de remolque y las

50 distancias transversales importantes pueden garantizarse mediante una conexión de remolque rígida. La unidad de remolque puede ser tan ancha como la extensión transversal deseada de la matriz.

Tablas de cizallamiento: Para evitar unidades rígidas, la extensión transversal también puede conseguirse utilizando tablas de cizallamiento. En algunos ejemplos de realización, esta realización tiene la desventaja de que el posicionamiento es más difícil. Se puede crear una red de receptores arrastrando las cadenas

55 de receptores individuales con distancias transversales suficientemente pequeñas.

Buque ancho: Si la anchura del buque lo permite o si puede aumentarse utilizando plumas o grúas, las cadenas receptoras también pueden desplegarse directamente desde el buque (a través de la estructura de fijación). En algunos ejemplos, el riesgo de que las cadenas receptoras individuales se crucen debido a las pequeñas distancias transversales puede considerarse una desventaja en este caso. Además, el remolque simultáneo de una fuente acústica/sísmica es más difícil.

60

Extensión transversal y longitudinal sintética: Una densidad de perfil muy estrecha de datos sísmicos 2D o 3D con una o unas pocas cadenas de receptores en la zona de prospección puede permitir calcular la extensión longitudinal y transversal de la matriz sintéticamente a partir de varios cruces. Este tipo de adquisición de datos puede ser costoso y propenso a errores en la adquisición de datos.

5 Utilizando el procedimiento descrito, el campo de ondas dispersas también se registra transversalmente a la dirección del perfil sin desfase espacial. Este registro preciso de la energía dispersa en el espacio no es posible con otras geometrías de adquisición. Uno de los aspectos que distingue al sistema descrito de otros sistemas es su fuente de señal remolcada en forma independiente y personalizable. En muchos ejemplos de realización, la geometría de adquisición descrita permite la reconstrucción de objetos dispersos en el subsuelo dentro de un determinado volumen de sedimentos a lo largo del perfil medido. El tamaño del volumen de datos de la imagen puede depender de la profundidad del agua, el tamaño de la matriz y la fuente de señal utilizada, entre otras cosas.

15 Los objetos dispersos de diferentes tamaños pueden localizarse a diferentes profundidades, ya que la geometría de adquisición puede adaptarse a los tamaños y profundidades de lecho esperados con el tamaño de la matriz y la fuente de señal. Otros sistemas pueden estar limitados por la resolución vertical y horizontal (por ejemplo, la sísmica de reflexión) o los resultados pueden ser ambiguos (por ejemplo, la detección de UXO mediante magnetismo). En este caso, la metodología descrita ofrece una clara ventaja con un enfoque especializado de la detección de objetos mediante energía acústica dispersa.

20 Registrando con precisión el campo de ondas con una matriz de gran abertura transversal a la dirección del perfil, los objetos dispersos pueden detectarse y localizarse hasta cierta distancia del perfil. Esta localización de objetos en el sedimento en ángulos rectos a la dirección del perfil puede no ser posible con otros procedimientos, ya que puede ser necesario pasar directamente sobre el objeto para una localización precisa. Esto significa que, con el procedimiento descrito, se puede medir más eficazmente una zona de medición definida y evitar imprecisiones en la localización de objetos debidas a distancias excesivas del perfil durante la adquisición de datos 2D.

30 Con el sistema descrito, se puede registrar con gran precisión no solo la energía dispersada sino también el campo de ondas reflejado y, de este modo, se puede cartografiar una matriz de datos de alta resolución en una franja situada directamente debajo de la red de receptores remolcados. El posicionamiento altamente preciso de los receptores individuales permite una cartografía muy exacta del subsuelo. Esta matriz de datos secundarios puede registrarse y utilizarse en paralelo con la energía dispersa.

35 Los levantamientos sísmicos marinos en 3D están bien establecidos en la industria de levantamientos marinos, especialmente en el contexto de la exploración de petróleo y gas. El enfoque de solución presentado aquí representa una mejora de un sistema de adquisición 3D. La característica especial es al menos la pequeña distancia transversal entre los receptores, que puede utilizarse para registrar la energía dispersa sin desfase. La energía dispersa está presente en casi todas las matrices de datos sísmicos, pero en general se ignora o incluso se filtra activamente. Por lo tanto, la energía dispersa también puede registrarse con otros sistemas de adquisición no optimizados, pero la evaluación no será posible como con el procedimiento descrito en la presente.

40 Al menos algunos ejemplos de realización tratan de la detección, localización y caracterización de objetos en sedimentos del lecho marino. El procedimiento puede adaptarse a diferentes tamaños de objetos y profundidades de lecho. Los objetos que pueden localizarse incluyen bloques erráticos, cantos rodados, concreciones e inhomogeneidades que pueden contener los sedimentos. Los cantos rodados, en particular, suponen un riesgo para la construcción de infraestructuras marinas, tales como turbinas eólicas, plataformas o tuberías.

45 La instalación de los cimientos, por ejemplo, hincando un monopilote varias decenas de metros en el lecho marino, puede verse impedida o retrasada por el choque con un peñasco y pueden producirse daños en el material. La cartografía de cantos rodados directamente en el lecho marino es una práctica habitual con otros sistemas (por ejemplo, sonar multihaz o de barrido lateral, sonar multihaz o sonar de barrido lateral), pero la cartografía de cantos rodados en el sedimento no puede llevarse a cabo de modo fiable y eficiente con algunos otros sistemas.

55 Otro tipo de objeto que debe localizarse es la munición no detonada (Unexploded Ordnance: UXO) en el sedimento. Estos objetos suponen una gran amenaza para los proyectos de construcción marina, especialmente en los mares del Norte y Báltico. Los artefactos explosivos sin detonar suelen detectarse con procedimientos magnéticos y luego hay que identificarlos y retirarlos con grandes gastos. Los UXO pueden ser arrastrados hasta varios metros en el sedimento y a veces son imposibles de localizar mediante la cartografía del lecho marino (sonar multihaz/de barrido lateral). Además, las mediciones magnéticas a menudo dan lugar a artefactos de datos que conducen a una identificación positiva falsa de las UXO. Esto da lugar a una validación por parte de buceadores o vehículos submarinos teledirigidos (ROV) que requiere mucho tiempo. Al menos algunos ejemplos representan una forma eficaz de validar las mediciones magnéticas. Los objetos

pueden localizarse en el subsuelo y compararse con las anomalías magnéticas medidas para mejorar la identificación de los UXO reales. Además, el sistema descrito puede utilizarse en investigaciones (geo)científicas o aplicadas sobre, por ejemplo, fuentes frías y calientes, superficies de fallas, trayectorias de migración de fluidos o procesos glaciares.

- 5 Los aspectos y características descritos junto con uno o más de los ejemplos y figuras detallados con anterioridad también pueden combinarse con uno o más de los otros ejemplos para sustituir una característica similar del otro ejemplo, o para introducir adicionalmente la característica en el otro ejemplo.

10 Los ejemplos pueden incluir además o referirse a un programa informático que tenga código de programa para ejecutar uno o más de los procedimientos anteriores cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o procesador. Las etapas, operaciones o procesos de varios procedimientos descritos con anterioridad pueden ser realizados por ordenadores o procesadores programados. Los ejemplos también pueden abarcar dispositivos de almacenamiento de programas, como medios de almacenamiento de datos digitales, que son legibles por máquina, procesador u ordenador y codifican programas de instrucciones ejecutables por máquina, procesador u ordenador. Las instrucciones ejecutan o causan la ejecución de algunas o todas las etapas de los procedimientos descritos con anterioridad. Los dispositivos de almacenamiento de programas pueden incluir o ser, por ejemplo, memorias digitales, medios de almacenamiento magnético tales como discos magnéticos y cintas magnéticas, unidades de disco duro o medios de almacenamiento de datos digitales de lectura óptica. Otros ejemplos también pueden incluir ordenadores, procesadores o unidades de control programados para realizar las etapas de los procedimientos descritos con anterioridad, o matrices lógicas (de campo) programables ((F)PLAs = (Field) Programmable Logic Arrays) o (F)PGA = (Field) Programmable Gate Arrays) programadas para realizar las etapas de los procedimientos descritos con anterioridad.

25 La descripción y los dibujos solo ilustran los principios de la divulgación. Además, todos los ejemplos aquí expuestos se proporcionan expresamente con fines ilustrativos únicamente para ayudar al lector a comprender los principios de la divulgación y los conceptos aportados por el inventor o inventores al avance de la técnica. Todas las afirmaciones contenidas en el presente documento relativas a principios, aspectos y ejemplos de la divulgación, así como a ejemplos específicos de la misma, incluyen equivalentes de los mismos.

30 Un bloque de función designado como "medios para..." realizar una función particular puede referirse a un circuito adaptado para realizar una función particular. Así, un "medio para algo" puede implementarse como un "medio adaptado para o adecuado para algo", por ejemplo, un componente o circuito adaptado para o adecuado para la tarea particular.

35 Las funciones de varios elementos mostrados en las figuras, incluyendo cualquier bloque funcional designado como "medios", "medios para proporcionar una señal", "medios para generar una señal", etc., pueden implementarse en forma de hardware dedicado, por ejemplo, "un proveedor de señal", "una unidad de procesamiento de señal", "un procesador", "un controlador", etc., y como hardware capaz de ejecutar software en conjunción con software asociado. Cuando son proporcionadas por un procesador, las funciones pueden ser proporcionadas por un único procesador dedicado, por un único procesador compartido o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos o todos los cuales pueden ser compartidos. Sin embargo, el término "procesador" o "controlador" no se limita en modo alguno al hardware capaz de ejecutar únicamente software, sino que puede incluir hardware de procesador de señal digital (hardware DSP; DSP (Digital Signal Processor), procesador de red, circuito integrado de aplicación específica (ASIC), matriz de puertas programables en campo (FPGA), memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, memoria de acceso aleatorio (RAM) y dispositivo de memoria no volátil (almacenamiento). También puede incluirse otro hardware, convencional y/o personalizado.

45 Por ejemplo, un diagrama de bloques puede representar un diagrama de circuito aproximado que implemente los principios de la divulgación. Del mismo modo, un diagrama de flujo, un diagrama de secuencia, un diagrama de transición de estados, un pseudocódigo y similares pueden representar diversos procesos, operaciones o etapas que, por ejemplo, están sustancialmente representados en un medio legible por ordenador y, por lo tanto, ejecutados por un ordenador o procesador, independientemente de si dicho ordenador o procesador se muestra explícitamente. Los procedimientos divulgados en la descripción o en las reivindicaciones pueden ser implementados por un dispositivo que comprende medios para realizar cada una de las etapas respectivas de estos procedimientos.

55 Se entiende que la divulgación de múltiples etapas, procesos, operaciones o funciones divulgados en la descripción o en las reivindicaciones no debe interpretarse en el orden particular a menos que se indique explícita o implícitamente lo contrario, por ejemplo, por razones técnicas. Por lo tanto, la divulgación de múltiples etapas o funciones no los limita a un orden particular, a menos que estas etapas o funciones no sean intercambiables por razones técnicas. Además, en algunos ejemplos, una única etapa, función, proceso u operación puede incluir y/o dividirse en múltiples subetapas, subfunciones, subprocesos o suboperaciones. Tales subetapas pueden incluirse y formar parte de la divulgación de esa única etapa, a menos que se excluyan explícitamente.

60

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100; 200) de detección de uno o varios objetos en el lecho marino, en donde el sistema comprende:
una estructura (10) de fijación, en donde la estructura de fijación está prevista para acoplar mecánicamente una fuente (20) de señales y una pluralidad de receptores (30) a un buque o a una unidad de tracción;
- 5 la fuente (20) de señales, que está acoplada mecánicamente a la estructura de fijación, y está adaptada para emitir al menos una señal acústica hacia el lecho marino, en donde una longitud de onda de la señal acústica está adaptada a un tamaño esperado de uno o más objetos, de manera que la longitud de onda de la señal acústica corresponde al menos al 10 % del tamaño esperado y como máximo al 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos;
- 10 la pluralidad de receptores (30) acoplados mecánicamente a la estructura de fijación, en donde una distancia entre receptores vecinos es como máximo igual a la mitad de la longitud de onda de la señal acústica,
en donde la pluralidad de receptores está adaptada para generar una señal de recepción basada en la dispersión de la al menos una señal acústica por uno o más objetos; y
un módulo (40) de procesamiento adaptado para detectar el uno o más objetos basándose en la señal del receptor, en donde la detección del uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos.
- 15
2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los receptores de la pluralidad de receptores (30) están dispuestos en una grilla regular o irregular, en donde el módulo de procesamiento está adaptado para detectar el uno o más objetos tanto directamente por debajo de la grilla como lateralmente desplazados con respecto a la grilla basándose en la dispersión de la señal acústica en el uno o más objetos.
- 20
3. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, en donde los receptores de la pluralidad de receptores (30) están dispuestos en una grilla regular o irregular, en donde la grilla comprende una primera dirección de expansión y una segunda dirección de expansión, en donde la primera dirección de expansión se define a lo largo de una dirección de movimiento prevista de la estructura de fijación, y en donde la segunda dirección de expansión se define ortogonal a la dirección de movimiento prevista de la estructura (10) de fijación.
- 25
4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la al menos una fuente (20) de señales está dispuesta en una extensión de la primera o de la segunda dirección de extensión con respecto a la pluralidad de receptores, o en donde la al menos una fuente (20) de señales está dispuesta dentro de la grilla en la que están dispuestos los receptores de la pluralidad de receptores.
- 30
5. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 o 4, en donde una abertura de la grilla en la segunda dirección de expansión es al menos un 25 % mayor que una abertura de la grilla en la primera dirección de expansión, en donde la fuente (20) de señales está adaptada para emitir una pluralidad de señales acústicas en una secuencia temporal predefinida hacia el lecho marino, en donde la señal del receptor se basa en la dispersión de la pluralidad de señales acústicas en uno o más objetos, en donde el módulo (40) de procesamiento está adaptado para detectar uno o más objetos basándose en la dispersión de la pluralidad de señales acústicas en uno o más objetos.
- 35
6. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5, en donde una extensión de la grilla en la segunda dirección de extensión es al menos dos veces una longitud de onda de la señal acústica.
- 40
7. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la pluralidad de receptores (30) está dispuesta en una estructura reticular multidimensional.
8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la estructura reticular multidimensional está dispuesta sobre un bastidor rígido de la estructura (10) de fijación.
- 45
9. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, en donde la pluralidad de receptores (30) están dispuestos en la primera dirección de extensión de la estructura reticular multidimensional en una pluralidad de columnas lógicas, y en donde la pluralidad de receptores están dispuestos en la segunda dirección de extensión de la estructura reticular multidimensional en una pluralidad de líneas lógicas,
en donde la estructura reticular multidimensional está unida a una unidad de tracción rígida de la estructura de fijación, estando formada la pluralidad de columnas lógicas como una pluralidad de cadenas de receptores.
- 50
10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en donde los receptores de una línea lógica de la pluralidad de líneas lógicas están acoplados entre sí mediante una o más conexiones transversales rígidas.

- 5 11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la estructura (10) de fijación comprende al menos un tablero de cizallamiento, en donde los receptores de una línea lógica de la pluralidad de líneas lógicas están acoplados entre sí mediante una o más conexiones transversales flexibles, y en donde el al menos un tablero de cizallamiento en cooperación con las conexiones transversales flexibles está adaptado para abarcar la pluralidad de cadenas de receptores en una extensión espacial predefinida.
- 10 12. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la señal receptora comprende una primera porción de señal basada en la dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos, y en donde la señal receptora comprende una segunda porción de señal basada en la reflexión de la al menos una señal acústica, en donde el módulo (40) de procesamiento está adaptado para separar la primera porción de señal de la segunda porción de señal, y para detectar el uno o más objetos basándose en la primera porción de señal.
- 15 13. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende al menos una fuente de señal adicional adaptada para emitir al menos una señal acústica adicional en la dirección del lecho marino, en donde una longitud de onda de la señal acústica adicional es al menos un 10 % menor o mayor que la longitud de onda de la señal acústica, y en donde la fuente de señal adicional está adaptada para emitir la señal acústica adicional con un retardo de tiempo con respecto a la señal acústica.
- 20 14. Un módulo (40) de procesamiento para detectar uno o más objetos en el lecho marino, en donde el módulo (40) de procesamiento está adaptado para:
obtener información sobre al menos una señal acústica a partir de una fuente (20) de señal acústica, en donde una longitud de onda de la señal acústica se adapta a un tamaño esperado de uno o más objetos, de tal manera que la longitud de onda de la señal acústica corresponde al menos al 10 % del tamaño esperado y como máximo al 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos;
recibir una señal receptora procedente de una pluralidad de receptores (30), en donde la señal receptora se basa en una dispersión de la al menos una señal acústica procedente de uno o más objetos;
- 25 15. Procedimiento de detección de uno o más objetos en el lecho marino, en donde el procedimiento comprende:
detectar uno o más objetos basada en la señal del receptor, en donde la detección de uno o más objetos se basa en la dispersión de al menos una señal acústica por uno o más objetos.
- 30 16. Procedimiento de detección de uno o más objetos en el lecho marino, en donde el procedimiento comprende:
la emisión (110) de una señal acústica por una fuente de señal acústica, en donde una longitud de onda de la señal acústica se adapta a un tamaño esperado de uno o más objetos, de manera que la longitud de onda de la señal acústica corresponde al menos al 10 % del tamaño esperado y como máximo al 1000 % del tamaño esperado de uno o más objetos;
- 35 17. Procedimiento de detección de uno o más objetos en el lecho marino, en donde el procedimiento comprende:
la generación (120) de una señal receptora por una pluralidad de receptores, en donde una distancia entre receptores vecinos es como máximo igual a la mitad de la longitud de onda de la señal acústica, en donde la señal receptora se basa en una dispersión de la al menos una señal acústica en el uno o más objetos;
la detección (130) de uno o más objetos basándose en la señal del receptor, en donde la detección del uno o más objetos se basa en la dispersión de la al menos una señal acústica por el uno o más objetos.

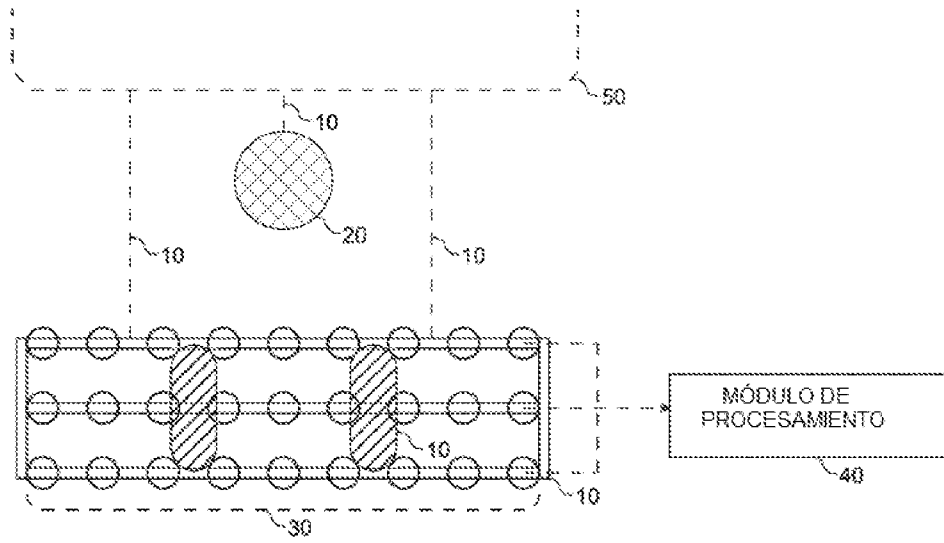


Fig. 1a

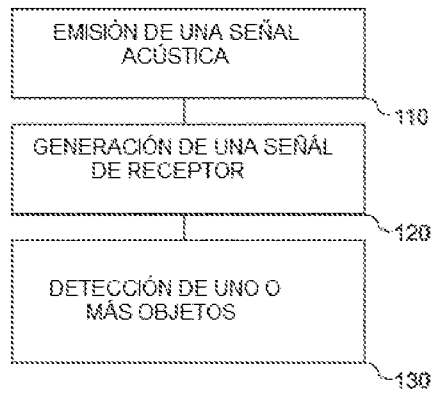
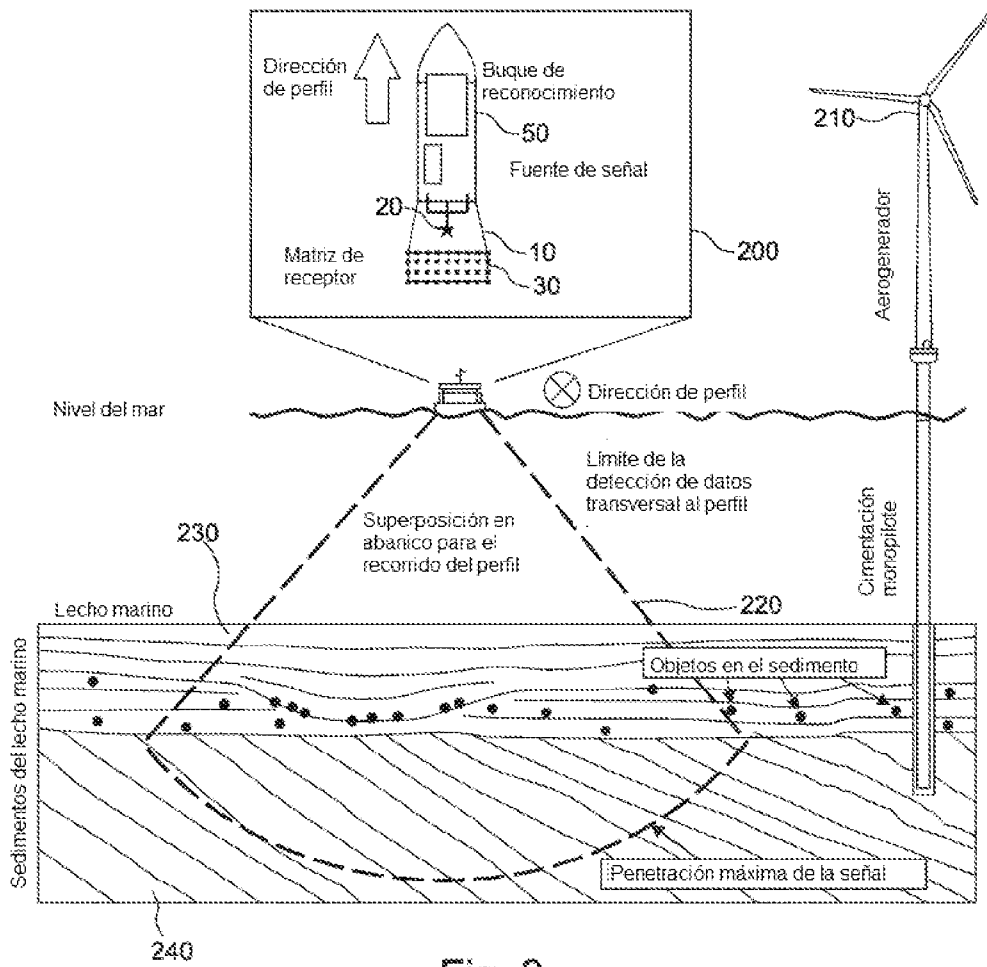


Fig. 1b



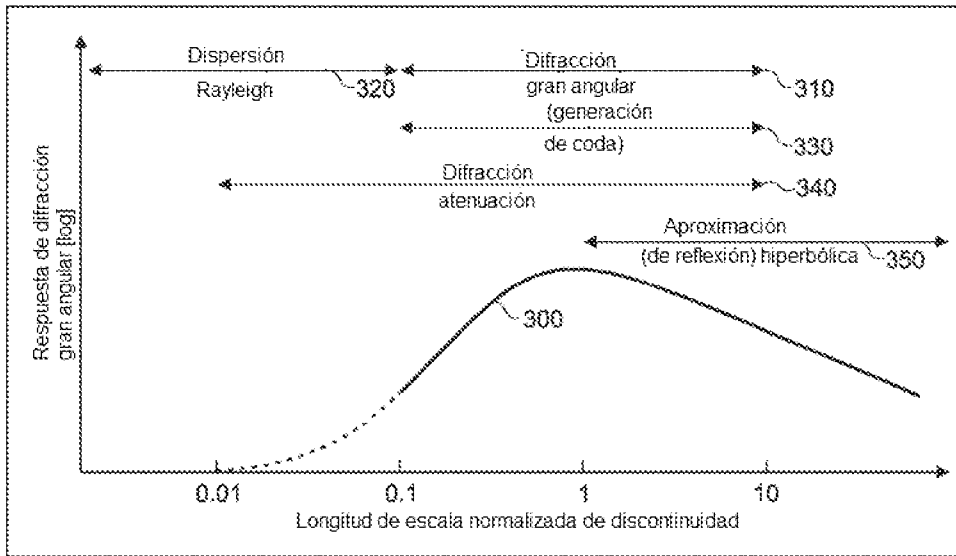


Fig. 3

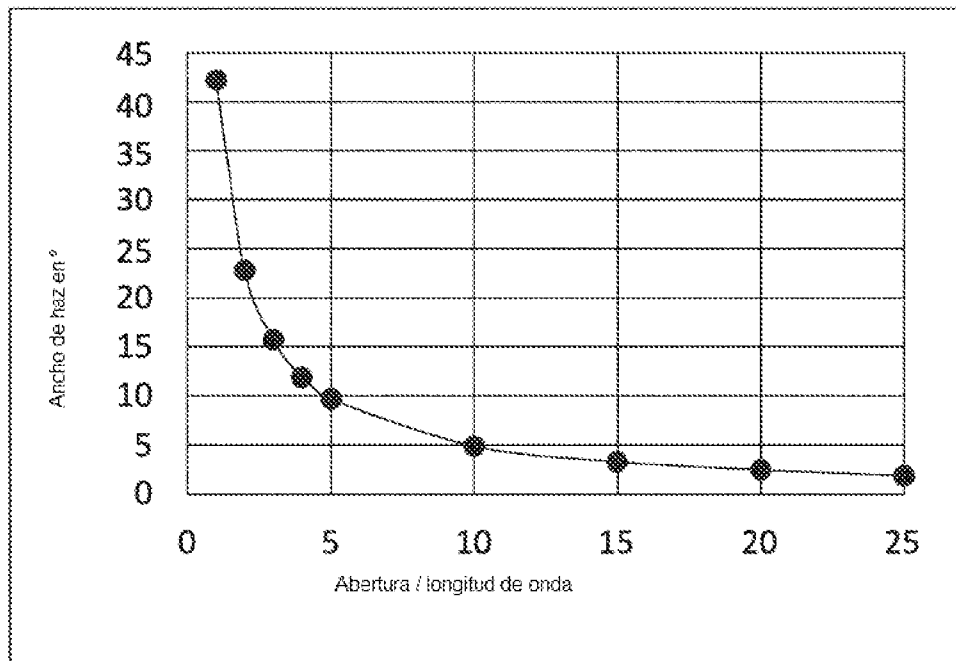


Fig. 5

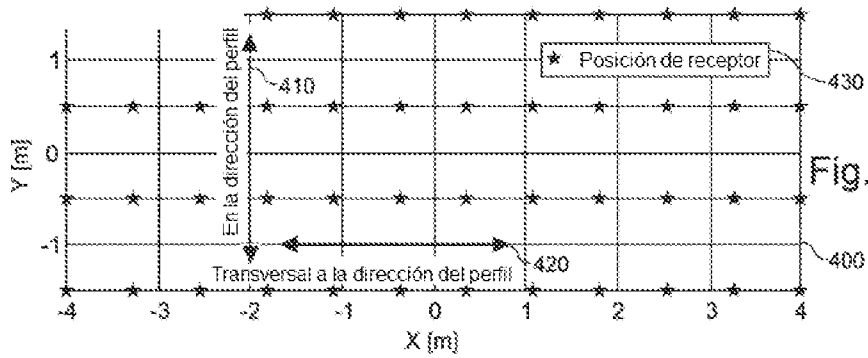


Fig. 4a

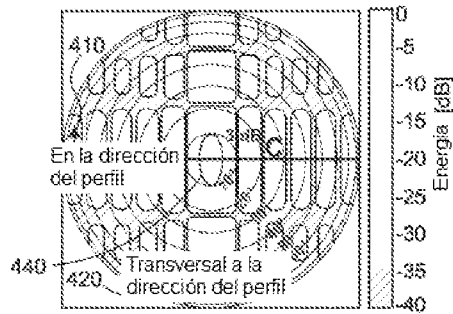


Fig. 4b

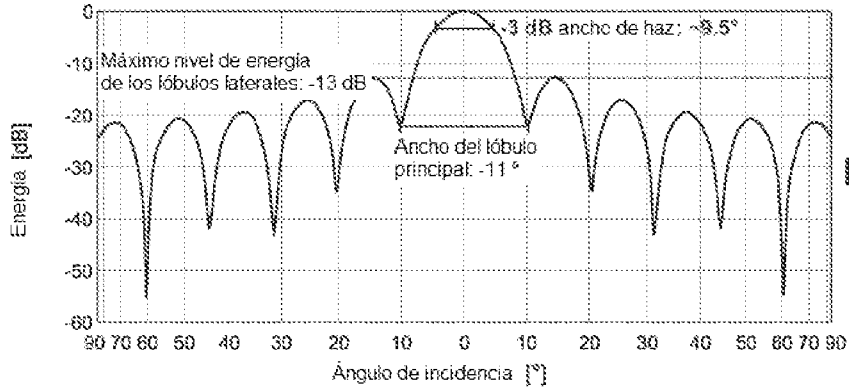


Fig. 4c

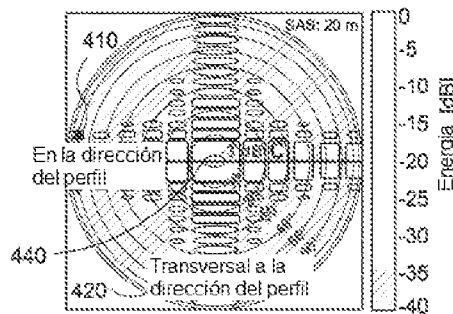


Fig. 4d

Adelante

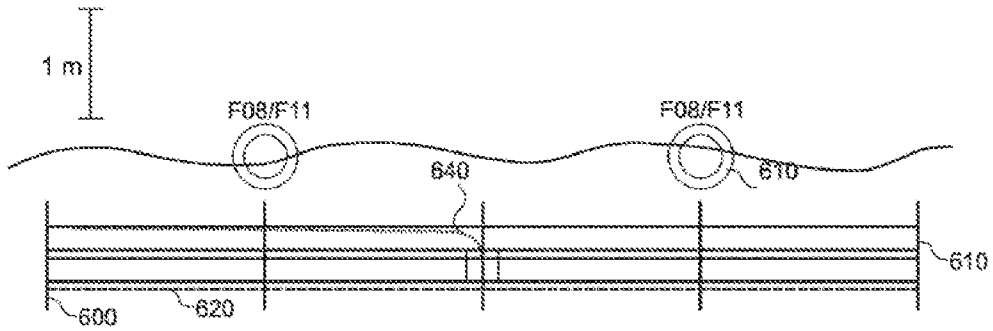


Fig. 6a

Arriba

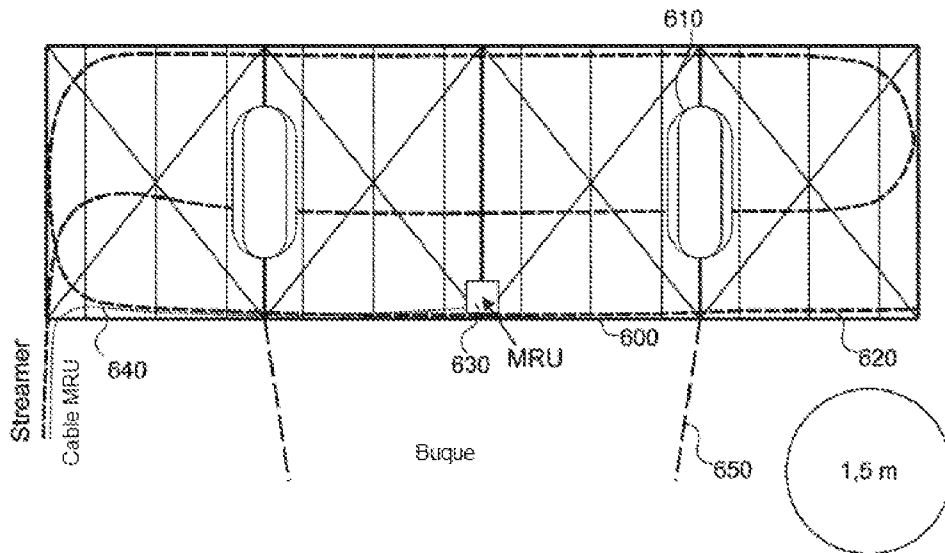


Fig. 6b

Lateral

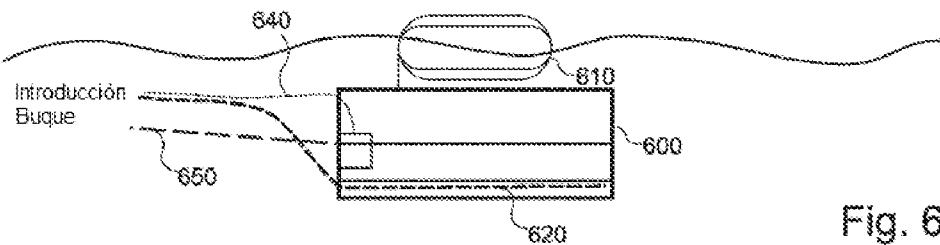


Fig. 6c