

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 177**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/00** (2006.01)

**G01S 15/10** (2006.01)

**G01S 15/87** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2004 PCT/EP2004/051007**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2004 WO04109329**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2004 E 04735895 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016 EP 1631842**

54 Título: **Arquitectura de un sistema multiestático acústico**

30 Prioridad:

**06.06.2003 FR 0306883**

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

**23.06.2017**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade  
Nord  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**BAUDOUX, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 619 177 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

Arquitectura de un sistema multiestático acústico

La presente invención se refiere a un sistema sonar multiestático en el cual la comunicación entre la base emisora y las bases receptoras, encargadas de la detección de los ecos sonar, se hace de forma acústica. Este sistema permite, en particular, liberarse de los inconvenientes ocasionados por el uso de comunicaciones por radio o de comunicaciones por satélite, por lo general utilizadas para sincronizar las funciones de emisión y de recepción. Este sistema está, en concreto, destinado a un uso por naves submarinas sumergidas.

También se conocen unos sistemas acústicos monoestáticos que comprenden una base emisora y una base receptora, siendo la base emisora la base receptora. El documento US 5 099 458 describe un ejemplo de sistema acústico monoestático según el preámbulo de la reivindicación 1.

Una característica importante de los sistemas sonar multiestáticos consiste en la separación física que existe entre la base emisora que origina el pulso sonar y las bases receptoras encargadas de la detección y de la localización de los ecos sonar. Dichos sistemas presentan, en particular, la ventaja de poseer una arquitectura flexible y modular, cuya complejidad se puede adaptar a la situación geográfica y operativa. El sonar multiestático así formado puede constar, según los casos, de un número variable de bases receptoras. En cambio, dicha arquitectura precisa la existencia de unos medios de comunicación entre la base emisora que sintetiza y emite el pulso sonar y las bases receptoras que reciben los ecos. En efecto, en la medida en que se desea realizar una detección coherente, a las bases receptoras se les debe informar de los parámetros de funcionamiento del sistema. Estos parámetros informan, por ejemplo, sobre el tipo de pulso emitido, la frecuencia de emisión, el periodo de repetición o incluso sobre el instante de emisión. Otras informaciones como la posición de la base emisora y la de las bases receptoras, que permiten referenciar las mediciones de los instantes de llegada de los ecos, pasan también por estos medios de comunicación. Para establecer una comunicación entre la base emisora y las bases receptoras, es una práctica habitual y muy conocida utilizar un enlace radioeléctrico, por ejemplo por radio o por satélite. La información transmitida es por lo general, de dos tipos:

- información de contexto relativa a la naturaleza del pulso emitido (codificación, duración, etc.), la posición de la base emisora, la configuración general del sistema sonar o incluso una información de fecha;
- información de sincronización que permite conocer de forma precisa el instante de emisión del pulso sonar y calcular la distancia que separa los objetos que han devuelto unos ecos de las bases receptoras.

A continuación en el documento, a esta información se la llama información de modo.

La utilización de un enlace radioeléctrico presenta la ventaja de permitir la transmisión simultánea de un gran número de información, pudiendo ser importante el ancho de banda de la señal emitida. En cambio, en un determinado número de circunstancias resulta difícil e incluso imposible utilizar un enlace radioeléctrico. Es, en particular, el caso para los buques submarinos cuando están sumergidos. Es también el caso, por ejemplo, cuando el contexto operativo excluye la utilización de emisiones radioeléctricas, por razones de discreción.

El objeto de la invención resuelve estos inconvenientes proponiendo un sistema sonar multiestático en el cual la transmisión de la información de funcionamiento entre la base emisora y las bases receptoras se lleva a cabo por medio de una señal acústica.

El sistema según la invención presenta, entre otras ventajas, la de funcionar sea cual sea la profundidad de inmersión de la base emisora y de las bases receptoras y puede, por lo tanto, implementarse en submarinos sumergidos. El sistema también presenta la ventaja de permitir la transmisión en tiempo real de la información de funcionamiento. Esta información se transmite al ritmo de los pulsos sonar. La señal acústica que lleva la información de funcionamiento y el pulso sonar, se transmiten de manera ventajosa mediante un solo dispositivo emisor, estando las dos señales separadas por un intervalo  $\Delta t$  de tiempo que puede ser variable y cuyo valor puede estar contenido en la información de funcionamiento. Esta última puede estar, además, encriptada.

Se mostrarán otras características y ventajas a lo largo de la descripción ilustrada en las figuras 1 a 3 que representan:

- la figura 1, una ilustración de un sistema sonar multiestático según la técnica anterior;
- la figura 2, una ilustración de un sistema según la invención;
- la figura 3, una ilustración de la estructura de la señal acústica emitida por el sistema según la invención.

Las ilustraciones de las figuras 1 a 3 se presentan a título de ejemplo con el fin de facilitar la descripción de la invención. Por supuesto, estas no representan una limitación en cuanto a la estructura o a la realización del sistema según la invención.

La figura 1 ilustra una estructura tipo de sistema sonar multiestático conocida del estado de la técnica.

Esta estructura consta de una base emisora y de una o varias bases receptoras. En aras de la claridad la figura 1

solo muestra una base receptora.

La base 11 emisora consta principalmente de dos subconjuntos, un subconjunto destinado a la emisión del pulso sonar y un subconjunto destinado a la transmisión de la información de funcionamiento. Estos dos subconjuntos están, por otra parte, gestionados por el órgano 12 de gestión del sonar.

- 5 El subconjunto destinado a la emisión de pulso sonar consta de manera clásica de un emisor 13 sonar y de una antena 14 acústica.

El subconjunto destinado a la transmisión de la información de modo consta, por su parte, de un emisor 15 de radio y de una antena 16.

- 10 De forma simétrica, cada base 17 receptora consta de un subconjunto de recepción de los ecos 113 sonar reflejados por los objetos 114 que se encuentran en la zona cubierta por la emisión 112 sonar. Este subconjunto consta, por su parte, de una antena 18 acústica y de un receptor 19 sonar pasivo.

La base 17 receptora consta también de un subconjunto de recepción de la información de funcionamiento que consta a su vez de una antena 110 y de un receptor 111 de radio.

- 15 La ilustración de la figura 1 permite identificar las limitaciones de una estructura de este tipo. En concreto, la utilización de un enlace 115 radio eléctrico para las comunicaciones entre la base emisora y las bases receptoras implica necesariamente que al menos los elementos 16 y 20 se mantienen emergentes. Por lo tanto, el sistema es poco compatible con unas bases 11 y 17 llevadas por unos buques submarinos que se mueven en profundidad. Por otra parte, hay que señalar que incluso en condiciones operativas, en la medida en que la base emisora debe ser capaz de comunicar con varias bases receptoras, es difícil de utilizar una emisión radioeléctrica muy directiva. La comunicación de la base emisora con las bases receptoras genera, por lo tanto, una emisión sensible a las condiciones meteorológicas, poco discreta y detectable por elementos hostiles. De esto se derivan riesgos importantes de interferencias o de perturbación. Esta ausencia de discreción que revela la presencia del sistema puede volver a este sistema ineficaz.
- 20

- 25 Por otra parte, una estructura como la que se ilustra en la figura 1 se muestra compleja en su estructura, necesitando la transmisión de la información de funcionamiento una cadena 15, 16 de transmisión específica para esta función e independiente de la emisión del pulso sonar.

- La figura 2 presenta de manera esquemática la estructura de base del sistema según la invención. Como se describe en la figura 1, este sistema consta de una base 21 emisora y, por lo general, de varias bases 22 receptoras. En cambio, al contrario que el sistema ilustrado en la figura 1, la base 21 comunica con las bases 22 mediante un enlace acústico. La información de modo y el pulso sonar se transmiten de este modo por el mismo canal.
- 30

- Para ello, la base 21 emisora consta de un modulador 23, que permite generar un pulso 210 acústico modulado. Este pulso se modula mediante la información de modo codificada por medio del dispositivo 24 de codificación. La codificación de la información puede, por ejemplo, consistir en la realización de un mensaje binario que consta del número de bits necesarios para la representación de la información. El modulador 23 permite modular el pulso acústico por medio de la señal compuesta por el mensaje binario. La modulación realizada puede, por ejemplo, consistir en una modulación por salto de frecuencia o de fase. El pulso acústico modulado, portador de la información de modo, también se llama pulso de preaviso.
- 35

- La base 21 emisora consta también de un dispositivo 225 sumador que permite llevar a cabo la suma del pulso de preaviso y del pulso 211 sonar suministrado por el dispositivo 12 de gestión. Por último, esta consta de un emisor 13 sonar y de una antena 14 acústica que emite la señal 212 suma en el medio de propagación.
- 40

- De manera similar, la estructura de cada base receptora está adaptada para la recepción de la información de modo y de los ecos sonar en un mismo canal de recepción. Para ello, la base consta de una única antena 18 acústica que transforma las señales recibidas en señales 24 eléctricas. Las señales recibidas corresponden, por una parte, a los mensajes de información que provienen de la base 215 emisora en transmisión directa y, por otra parte, a los ecos 217 reflejados por los objetos 218 que se pueden encontrar en la zona cubierta por la emisión 216 sonar. La base receptora consta también de un dispositivo 26 separador que permite separar los ecos sonar de los pulsos de preaviso. Esta también consta de un demodulador 27 y de un dispositivo 28 de descodificación que permite recuperar la información de modo necesaria para configurar el receptor 19 de forma que se optimice la recepción de los ecos sonar. Por último, esta consta de unos medios 29 de tratamiento que tratan los ecos sonar recibidos de forma que se determine la posición de los objetos 114.
- 45
- 50

- Según una variante de estructura, en el caso de una antena acústica que consta de varios hidrófonos, es posible asignar de manera más específica algunos hidrófonos a la recepción del pulso de preaviso. La antena de la base receptora se escinde entonces en dos subconjuntos. Esta estructura puede conducir a la separación completa de las vías de recepción de los pulsos de preaviso y de recepción de los ecos sonar, la base receptora ya no consta por tanto de un dispositivo 26 separador.
- 55

Como se puede comprobar en la figura 2, la estructura del sistema según la invención presenta la ventaja de no constar de un enlace radio eléctrico y, por lo tanto, de poder funcionar en inmersión total. También permite hacer que la información de modo y el pulso sonar pasen por un mismo canal y asegurar de este modo una concordancia temporal entre las dos señales.

5 La estructura del sistema según la invención se puede completar de manera ventajosa mediante unos medios de encriptación/desencriptación asociados a los medios 24 de codificación y 28 de decodificación de la información de modo. Estos medios tienen como efecto impedir una lectura directa de la información de modo por terceras personas.

10 La figura 3 presenta de manera esquemática y general la estructura de la señal explotada por el sistema según la invención. La señal presentada en la figura 3 la emite la base 21 emisora destinada a unas bases receptoras. Esta consta, en particular, del pulso 31 de preaviso que contiene la información de modo que toma el trayecto 215 directo de la figura 2.

15 La señal emitida consta también del pulso 32 sonar propiamente dicho. En la figura 3 los dos pulsos que componen la señal de emisión están separados por un intervalo  $\Delta t$  de tiempo. Este intervalo de tiempo permite, en particular, a las diversas bases receptoras que componen el sistema recibir y decodificar el pulso de preaviso antes de recibir un eco del pulso sonar. La información de modo que lleva el pulso de preaviso la explotan las bases receptoras para configurar su receptor de conformidad con la forma de pulso emitido.

20 La duración  $\Delta t$  puede ser variable en función de las aplicaciones. Puede haberse predeterminado, por ejemplo, para cada modo de funcionamiento y conocerla las bases receptoras. También se puede fijar durante el funcionamiento del sistema y transmitirla a las bases receptoras como una información de modo. La limitación sobre el valor de  $\Delta t$  viene en particular impuesta por el tiempo que necesitan las bases receptoras para configurarse antes de recibir los ecos procedentes del pulso sonar y para tener en cuenta las duraciones de los trayectos acústicos necesarios.

En una forma particular de realización, se puede incluso considerar un intervalo  $\Delta t$  nulo. Los dos pulsos son por tanto inmediatamente consecutivos.

25 Como se ilustra en la figura 3, la señal emitida por la base emisora es, en el caso del sistema según la invención, una señal compuesta formada por dos pulsos de estructuras diferentes.

El pulso sonar es un pulso de forma clásica, por otra parte conocido. Este puede ser, por ejemplo, de frecuencia fija o incluso ser asignado por una ley particular de modulación.

30 El pulso de preaviso, por su parte, es objeto de una modulación particular. La señal que modula representa el conjunto de la información de modo que hay que transmitir. Está, por ejemplo, constituida por la concatenación de los datos relativos a la información de modo, puestos de forma binaria. Estos datos concatenados forman una palabra o una trama que consta de un número de bits dado en función de la naturaleza de la información transmitida.

35 Esta señal modula el pulso de preaviso a través de un dispositivo de modulación digital, de tipo modem, por ejemplo. Como se ha descrito con anterioridad, el código de modulación puede ser, por ejemplo, una codificación por saltos de fase o de frecuencia, saltos de fase y de frecuencia, o cualquier otra codificación digital.

40 La duración del pulso de preaviso depende de la cantidad de información de modo que hay que transmitir a las bases receptoras. En la práctica, la duración del pulso de preaviso es del orden de uno a varios segundos. Esta duración, que corresponde al tiempo necesario para transmitir entre unos cientos y algunos miles de bits de información, es compatible con los anchos de banda clásicos de los emisores sonar. El sistema según la invención no necesita, por lo tanto, de manera ventajosa la utilización de unos medios de emisión particulares. De este modo, por ejemplo, un emisor que dispone de un ancho de banda igual a 1kHz podrá transmitir un pulso de preaviso de 1 s que transmite un mensaje de modo con una longitud aproximadamente igual a 1 kbit.

45 El funcionamiento del sistema según la invención se puede describir por medio de las figuras 2 y 3. La señal emitida por la base emisora es una señal que consta de dos pulsos: un pulso 31 de preaviso y un pulso 31 sonar. La base emisora puede, por ejemplo, ser el sonar activo de un submarino. El pulso de preaviso lo reciben de forma directa las bases receptoras. Cada una de las bases receptoras está, por otra parte, equipada de manera conocida por unos medios que le permiten conocer su posición con respecto a la base emisora. Cada base realiza la decodificación de la información de modo. Esta información consta, en particular, del valor  $\Delta t$  del tiempo que separa el instante de emisión del pulso de preaviso, del de emisión del pulso de sonar. El conocimiento de  $\Delta t$  permite a las bases receptoras conocer el instante de emisión del pulso sonar y llevar a cabo una medición del retardo entre el pulso emitido y el instante de llegada de un eco. El conjunto de las bases receptoras se comporta, de este modo, como un sonar activo multiestático.

55 En la ilustración de la figura 2, la base emisora se muestra como que consta de un emisor sonar único, emitiendo el pulso de preaviso y el pulso sonar un mismo emisor 13. Esta solución representa una forma de realización económica en términos de dimensiones y de coste. Sin embargo, esta solución no es limitativa y por supuesto es posible utilizar dos emisores acústicos diferentes si aparece la necesidad de disponer de dos emisores separados.

Según una forma de realización del sistema, el instante de emisión del pulso sonar se deduce del instante de recepción del pulso de preaviso. Las bases receptoras llevan a cabo, por ejemplo, una detección de la envolvente del pulso de preaviso y atribuyen al pulso sonar un instante de emisión en función del instante de recepción del pulso de preaviso y de  $\Delta t$ .

- 5 Según otra forma de realización, las bases receptoras y la base emisora se sincronizan previamente. Los datos de modo integran por tanto una información que suministra la fecha precisa de emisión del pulso sonar, lo que permite a las bases receptoras conocer el instante de emisión del pulso sonar.

- 10 La estructura de la señal emitida presenta la ventaja de hacer al sistema parametrizable y, por lo tanto, fácilmente adaptable. Esta permite, en particular, gracias a la información que se puede transmitir a través del pulso de preaviso, modificar en tiempo real la configuración del sistema. En función de la información transmitida, se puede, por ejemplo, hacer que cambie la frecuencia de emisión del pulso sonar, su tipo de modulación o incluso el valor de la diferencia  $\Delta t$  que separa el pulso de preaviso del pulso sonar: de este modo se hace difícil la protección contra dicho sonar. Además, es posible, como se ilustra en la figura 2, llevar a cabo la encriptación de la información de modo antes de la modulación. De esta forma, en ausencia de la clave de desencriptación, es imposible tener acceso a los parámetros de modo del sistema.

- 15 En la anterior descripción el modo de emisión descrito consta de una señal emitida de forma sistemática compuesta por dos pulsos. Dicha señal es necesaria en concreto en el caso en el que se desea poder modificar determinada información de modo de una emisión a otra. No obstante, es posible considerar unos modos de funcionamiento más simples, para los cuales los parámetros de funcionamiento se mantienen fijos durante un tiempo relativamente largo.
- 20 En este caso, es posible por ejemplo concebir un sistema para el cual la señal de emisión está compuesta unas veces de un pulso de preaviso seguido de un pulso de emisión, unas veces simplemente de un pulso de emisión. También se puede concebir un sistema por el cual la señal de emisión está compuesta por un pulso de preaviso seguido de varios pulsos de emisión. El motivo emitido por el sistema según la invención puede adoptar formas diversas en función de las aplicaciones.

- 25 Como se ha dicho con anterioridad, el sistema según la invención se aplica en particular a la realización de un sonar multiestático destinado a la localización de ecos que provienen de objetos situados en una zona supervisada. Sin embargo, esta aplicación no es la única que se puede considerar y no limita en nada el campo de aplicación del sistema. También es posible, por ejemplo, utilizarlo para realizar el posicionamiento de vehículos submarinos autónomos. En este tipo de aplicación, la base emisora se situada en el buque autónomo y las bases receptoras se
- 30 posicionan, por ejemplo, en unas naves en la superficie.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema acústico que consta al menos de una base (21) emisora que consta de unos medios de emisión de un pulso (32, 112, 211) sonar y de al menos una base (22) receptora que consta de unos medios (18, 19) de recepción y de tratamiento de ecos (113) sonar reflejados por unos objetos (114) que pueden encontrarse en una zona cubierta por el pulso sonar, **caracterizado porque** el sistema acústico es multiestático, **porque** la base (21) emisora consta también de unos medios (23, 24) para transmitir la información de modo hacia la base (22) receptora y **porque** la información de modo se transmite a la base (22) receptora de forma acústica mediante un pulso (31, 210) acústico de preaviso, siendo dicho pulso (31, 210) acústico de preaviso un pulso acústico modulado por una señal que contiene dicha información de modo.
- 10 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que la base (21) emisora comprende un dispositivo (24) de codificación que permite codificar la información de modo de forma que genere una señal que codifica la información de modo, un modulador (23) que permite generar un pulso (210) acústico modulado por la señal que codifica la información de código, un dispositivo (25) sumador que permite llevar a cabo la suma del pulso (31, 210) acústico de preaviso y del pulso (32, 112, 211) sonar suministrado por un órgano (12) de gestión, y un emisor (13) sonar y una antena (14) acústica que emite la señal suma generada por el dispositivo (25) sumador.
- 15 3. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la base (22) receptora comprende una única antena (18) acústica de recepción que recibe los ecos (113) sonar y el pulso (31, 210) acústico de preaviso y un dispositivo (26) separador que permite separar los ecos (113) sonar de los pulsos (31, 210) de preaviso.
- 20 4. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una multitud de bases (22) receptoras.
5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el pulso (32, 112, 211) sonar y el pulso (31, 210) de preaviso están separados por un intervalo  $\Delta t$  de tiempo en función del modo de funcionamiento del sistema y conocido por la base (22) receptora.
- 25 6. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el pulso (32, 112, 211) sonar y el pulso (31, 210) de preaviso están separados por un intervalo  $\Delta t$  de tiempo cuya duración se transmite a la base (22) receptora con la información de modo.
7. Sistema según una de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado porque** el intervalo  $\Delta t$  de tiempo es igual a cero, siendo el pulso (32, 112, 211) sonar y el pulso (31, 210) de preaviso inmediatamente consecutivos.
- 30 8. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el pulso (31, 210) de preaviso y el pulso (32, 112, 211) sonar son emitidos por un emisor (13) único que emite sucesivamente el pulso (31, 210) de preaviso y el pulso (32, 112, 211) sonar.
9. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la modulación del pulso (31, 210) de preaviso, mediante la señal moduladora que contiene la información de modo, es una codificación digital.
- 35 10. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la modulación del pulso (31, 210) de preaviso, mediante la señal moduladora que contiene la información de modo, es una codificación por saltos de fase.
11. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la modulación del pulso (31, 210) de preaviso mediante la señal moduladora que contiene la información de modo, es una codificación por saltos de frecuencia.
- 40 12. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la modulación del pulso (31, 210) de preaviso mediante la señal moduladora que contiene la información de modo, es una codificación por saltos de frecuencia y de fase.
13. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el instante de emisión del pulso (32, 112, 211) sonar se determina por la base (22) receptora a partir del instante de recepción del pulso (31, 210) de preaviso y del modo de funcionamiento.
- 45 14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** el instante de emisión del pulso (32, 112, 211) sonar se determina a partir de la fecha de emisión de dicho pulso (32, 112, 211) sonar, contenida en la señal moduladora que contiene dicha información de modo.
15. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** consta de unos medios para encriptar la información de modo.
- 50 16. Aplicación del sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores al control de posicionamiento de buques submarinos autónomos.

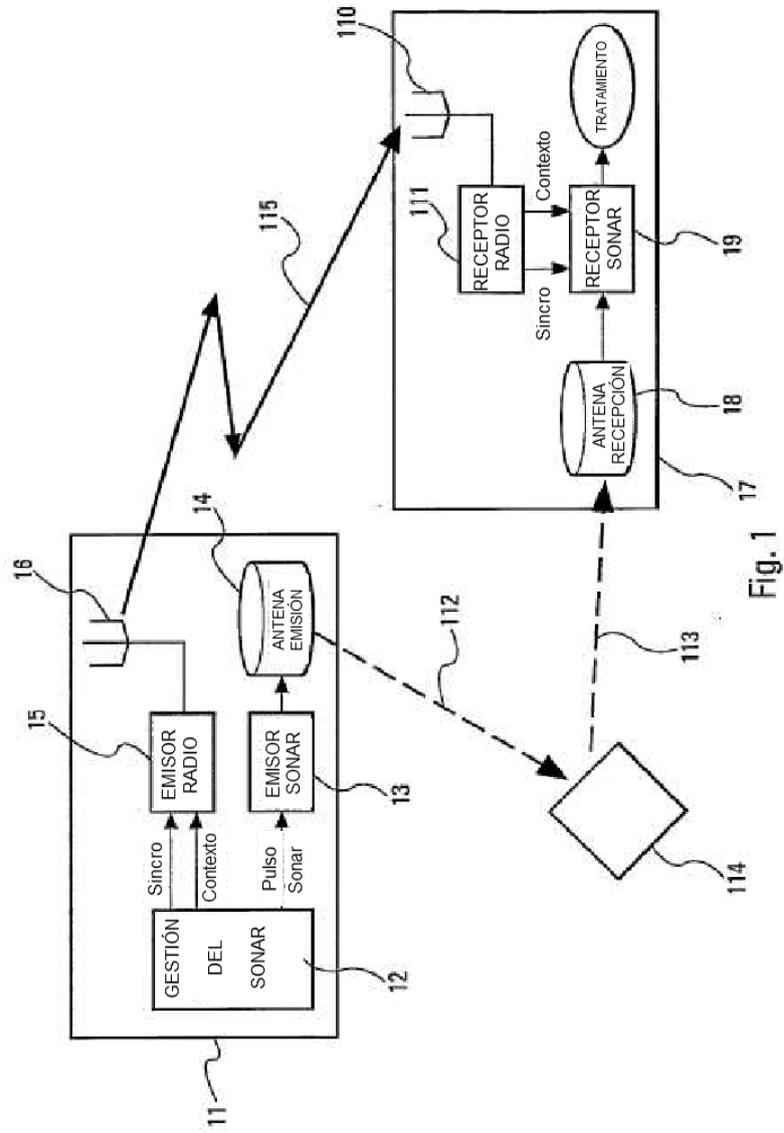


Fig. 1

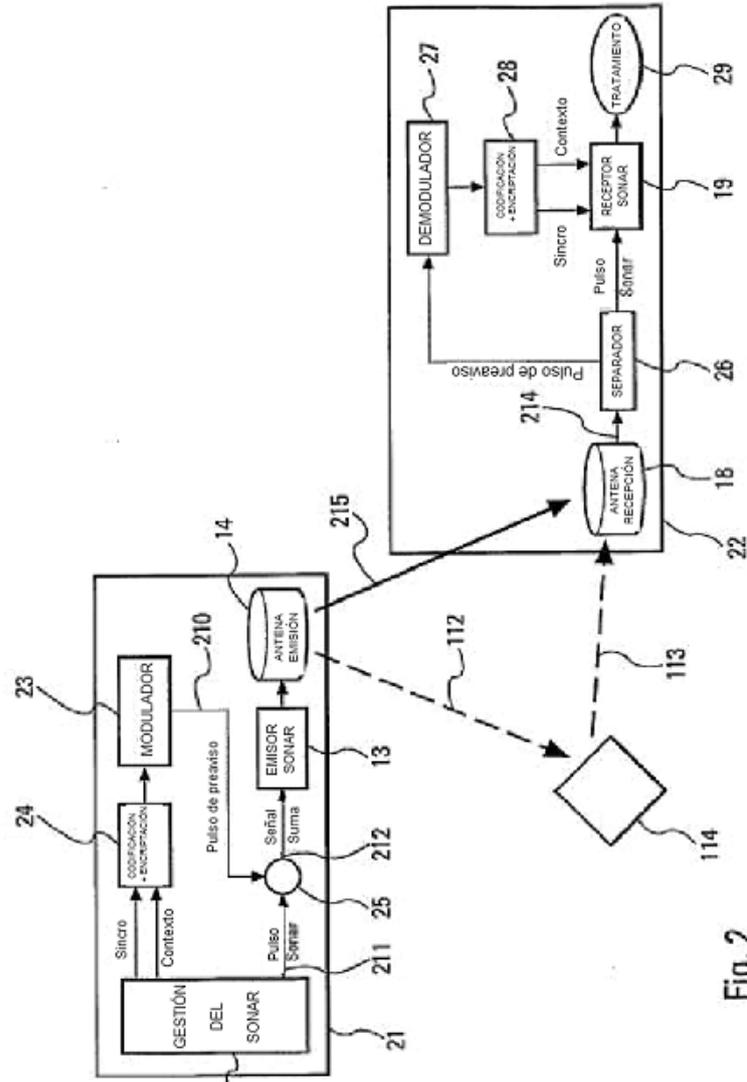


Fig. 2

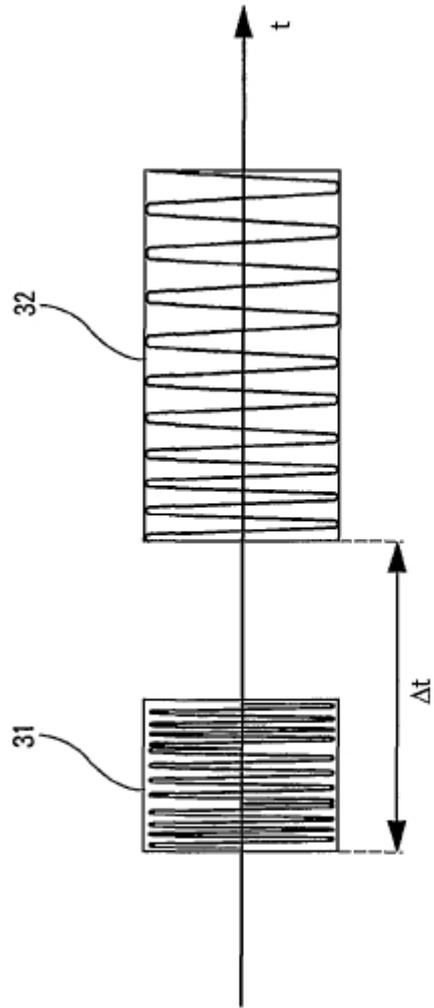


Fig. 3