



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 341 055**

51 Int. Cl.:
G01S 3/14 (2006.01)
G01S 11/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08011111 .5**
96 Fecha de presentación : **19.06.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2026087**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.02.2009**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la determinación pasiva de datos de un objetivo.**

30 Prioridad: **16.08.2007 DE 10 2007 038 559**

73 Titular/es: **ATLAS Elektronik GmbH**
Sebaldsbrücker Heerstrasse 235
28309 Bremen, DE

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.06.2010

72 Inventor/es: **Steimel, Ulrich**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.06.2010

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 341 055 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

Procedimiento y dispositivo para la determinación pasiva de datos de un objetivo.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación pasiva de datos de un objetivo mediante recepción selectiva en dirección de ondas sonoras del tipo citado en el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un dispositivo correspondiente del tipo citado en el preámbulo de la reivindicación 15.

10 Para poder determinar como datos de un objetivo, sin que se autodelate un vehículo portador tal como por ejemplo una embarcación de superficie o un submarino, datos de objetivo tales como posición, velocidad y rumbo de un objetivo, por ejemplo de una embarcación de superficie, un submarino u otro objetivo que en particular se desplaza rápidamente, habitualmente se reciben con una instalación de recepción de sonar ondas sonoras de un ruido de objetivo emitido por este objetivo y se miden ángulos de marcación hacia el objetivo. A partir de estos ángulos de marcación, junto con la posición propia del vehículo portador, se estima una posición del objetivo y se mide un ángulo de marcación estimado correspondiente. De forma iterativa se reduce la diferencia entre el ángulo de marcación medido y el estimado hasta que quede por debajo de un límite de error. La posición estimada subyacente se reconoce como posición del objetivo.

20 Partiendo de la posición inicial del objetivo, que es escogida por ejemplo arbitrariamente como posición inicial sobre una primera línea de marcación o es conocida por otros sensores que se encuentran a bordo, se calculan posiciones a partir de componentes X-Y estimadas para el objetivo y se determinan ángulos de marcación estimados a partir de ellas. El vehículo portador navega para las medidas de ángulos de marcación con rumbo constante y velocidad constante y recorre un camino que se denomina etapa propia. Para una primera determinación de los datos del objetivo es necesario que el vehículo portador realice una maniobra y varíe su rumbo o su velocidad, abriendo así una nueva etapa propia. Las siguientes medidas de ángulos de marcación hacen posible entonces una primera determinación de datos del objetivo.

30 Además es conocido a partir del documento EP 1 410 060 B1, que constituye el preámbulo de las reivindicaciones independientes, determinar datos del objetivo sin maniobra del vehículo portador, mediante el recurso de que las señales recibidas, agrupadas de forma selectiva en dirección formando señales en grupo, de una disposición de transducción electroacústica son sometidas a una transformada de Fourier y son determinadas las frecuencias de líneas espectrales en el espectro de frecuencias de las señales en grupo. La frecuencia de una o varias líneas espectrales agrupadas, en calidad de frecuencia recibida, se usa junto al ángulo de marcación medido como base para la estimación de los datos del objetivo. Se estiman posiciones del objetivo y se hallan ángulos de marcación estimados para ellas. Entre el ángulo de marcación medido y el estimado se determina una diferencia de ángulo de marcación. Además de ello, a partir de las mismas posiciones estimadas del objetivo y de sus variaciones temporales se estima un desplazamiento Doppler y una frecuencia emitida o enviada hacia el objetivo. La frecuencia emitida estimada es desplazada en frecuencia correspondientemente al desplazamiento Doppler estimado y forma la frecuencia Doppler estimada de la que se resta la frecuencia recibida. La diferencia entre la frecuencia recibida y la frecuencia Doppler estimada se emplea como diferencia de frecuencia junto con la diferencia de ángulo de marcación para la determinación de los datos del objetivo según el denominado algoritmo de mínimos cuadrados.

40 Otros procedimientos para la determinación de datos de un objetivo son conocidos a partir del documento DE 34 46 658 C2 y DE 103 52 738 A1.

45 El documento DE 34 46 658 C2 muestra un filtro para la determinación de datos de un objetivo, en el que a partir de ángulos de marcación medidos se hallan coeficientes de filtro óptimos en un tratamiento iterativo de señales. Con estos coeficientes de filtro y los ángulos de marcación medidos se activa un circuito de acumulación, que determina los valores de corrección para una estimación inicial de los datos del objetivo. El filtro tiene circuitos multiplicadores para la determinación de los coeficientes para datos dinámicos del objetivo. Este filtro se emplea para la determinación pasiva de datos de posición y movimiento de vehículos objetivo.

55 El documento DE 103 52 73 8 A1 describe cómo a partir de ángulos de marcación estimados, que se determinan a partir de posiciones estimadas de un objetivo, y de ángulos de marcación medidos se minimizan iterativamente diferencias de ángulo de marcación entre ángulos de marcación medidos y estimados. Para el acortamiento del tiempo de iteración se prefijan valores límite para la distancia, el rumbo y/o la velocidad del objetivo y se determinan sobre una línea de marcación, bajo un ángulo de marcación medido, a partir de estos valores límite condiciones de contorno para componentes de posición y componentes de velocidad para la estimación de la posición del objetivo, que se emplean para la minimización de la diferencia de ángulo de marcación.

60 En los procedimientos citados para la determinación de datos de un objetivo se recurre respectivamente a valores de medida (ángulos de marcación o respectivamente frecuencias) procedentes de un periodo temporal pasado, de una duración predeterminada, para una estimación actual de datos del objetivo. Es decir, se considera la evolución del objetivo sobre un periodo de tiempo largo predefinido, por ejemplo una hora, y se emplea esta evolución para las estimaciones actuales de datos del objetivo. Para la determinación de un nuevo conjunto de datos del objetivo se recurre por ello a los valores de medida de este periodo de tiempo pasado, que son sometidos a un filtrado. El filtro correspondiente tiene por ello una longitud de filtro fija, que corresponde a este periodo de tiempo predefinido. La estimación de datos del objetivo es por ello bastante lenta y tras variaciones de rumbo y/o velocidad del objetivo

ES 2 341 055 T3

ofrece resultados precisos eventualmente sólo tras un tiempo que corresponde a la longitud del filtro. Es decir, la maniobra del objetivo debe quedar tan alejada en el tiempo que ya no caiga dentro del periodo de tiempo considerado en la longitud del filtro. La estimación de datos del objetivo ofrece de forma fiable buenos datos del objetivo cuando un objetivo se mueve uniformemente con relación al vehículo portador. Sin embargo, tan pronto como un objetivo varía su rumbo o su velocidad, y en particular realiza maniobras en el entorno cercano del vehículo portador, empeoran significativamente los datos estimados del objetivo y sólo convergen otra vez cuando el objetivo sigue navegando sin aceleración con rumbo constante durante un tiempo largo.

La invención tiene por ello como base el problema de hallar datos rápidamente convergentes de objetivos sin que sean necesarias maniobras propias, incluso cuando estos objetivos realizan maniobras de objetivo y/o son objetivos que se acercan o se alejan rápidamente.

La invención resuelve este problema con un procedimiento según la reivindicación 1 así como con un dispositivo según la reivindicación 15.

Los ángulos de marcación medidos hacia un objetivo mediante una disposición de receptores de ondas sonoras en el agua, tales como transductores electroacústicos u optoacústicos de una instalación de recepción de sonar, son tratados en ciclos de tratamiento sucesivos obteniéndose datos del objetivo. Aquí, por cada ciclo de tratamiento se estima al menos un dato del objetivo, en particular sin embargo un conjunto de datos del objetivo. En esta estimación sin embargo no se incluyen sólo los ángulos de marcación y/o los datos del objetivo obtenidos durante un ciclo de tratamiento, sino que en la estimación se incluyen más bien los ángulos de marcación y/o los datos del objetivo medidos procedentes de un grupo de ciclos de tratamiento sucesivos, a saber procedentes de un número de ciclos de tratamiento precedentes designados como longitud de filtro.

La invención ha reconocido que esta longitud de filtro puede ser escogida en muchos casos ventajosamente de forma particularmente corta, para poder seguir, con una buena calidad de los datos estimados del objetivo, objetivos que se acercan rápidamente, que realizan preferentemente además maniobras de objetivo. Los resultados de estimación convergen para objetivos a una distancia corta y con una longitud de filtro corta, incluso cuando un objetivo lleva a cabo maniobras en la zona próxima. Por ello pueden obtenerse con proximidad temporal buenos valores de estimación para datos de un objetivo. El riesgo de colisiones eventuales puede reducirse por ello drásticamente.

La invención prevé determinar la longitud de filtro repetidamente de nuevo, en particular durante cada ciclo de tratamiento, y ajustar en ese caso la longitud de filtro para cada objetivo de forma individual, automática y dinámica. De este modo pueden tenerse en cuenta de forma óptima los datos de movimiento, tales como rumbo, velocidad y distancia del objetivo para cada objetivo. En conjunto, la invención hace posible con ello también proporcionar una elevada calidad de valores de estimación de datos del objetivo, en particular valores de estimación de la distancia del objetivo en la zona próxima de la instalación de recepción de sonar.

Cuando existen varios objetivos, se asocia a cada objetivo al menos una longitud de filtro propia, que se determina en función de datos estimados del objetivo. Objetivos diferentes se tratan con ello con longitudes de filtro diferentes. Por ejemplo, los datos de un objetivo pueden estimarse en un sector de recepción desfavorable con una longitud de filtro mayor que los datos de un objetivo en un sector de recepción más ventajoso. Esto lleva a resultados significativamente mejores de los datos del objetivo determinados en último lugar.

La invención no está limitada a la aplicación del procedimiento en vehículos portadores, en particular naves marinas superficiales y naves submarinas. Antes bien, la invención puede emplearse también en instalaciones de sonar instaladas fijamente, por ejemplo para la vigilancia de costas, vías de transporte acuáticas y/o instalaciones portuarias o disposiciones instaladas en el mar, tales como plataformas petrolíferas, ya que la estimación de los datos del objetivo es posible sin maniobras propias.

Conforme a la invención, la longitud de filtro se determina en función de una distancia estimada del objetivo. La dependencia funcional se escoge en este caso de tal modo que los datos de un objetivo que se acerca son estimados con una longitud de filtro menor que los datos de un objetivo que se aleja. Cuando un objetivo que se encuentra en el campo próximo de la propia instalación de sonar reduce su distancia continuamente, existe un mayor riesgo de colisión que en caso de un objetivo que se encuentra a mayor distancia, de modo que la estimación de los datos del objetivo, en particular de la distancia del objetivo que varía significativamente en un tiempo corto, es de gran interés a intervalos de tiempo cortos. Mediante un acortamiento de la longitud de filtro para objetivos que se aproximan o respectivamente mediante un alargamiento de la longitud de filtro para objetivos que se alejan se adapta la determinación de los datos del objetivo a la precisión de las medidas de ángulos de marcación y a la situación en cuanto a riesgos.

Para una forma de realización particularmente preferida, se miden esencialmente al mismo tiempo ángulos de marcación con dos disposiciones, separadas entre sí, de receptores de ondas sonoras en el agua, para determinar, a partir de ángulos de marcación medidos de este modo, mediante cálculo de diferencias un valor de paralaje, y a saber el valor absoluto del paralaje. En este caso, la longitud de filtro se determina en función de este valor de paralaje. La dependencia funcional se escoge en este caso de tal modo que al aumentar el valor de paralaje se reduce la longitud de filtro o respectivamente se aumenta al disminuir el valor de paralaje, en que en este caso el valor de paralaje debe entenderse como valor sin signo, es decir como valor absoluto, mientras que no se indique nada diferente.

En esta forma de realización se obtiene según el modo de una marcación cruzada un valor de paralaje mediante el recurso de que dos disposiciones diferentes de recepción de ondas sonoras en el agua miden ángulos de marcación hacia un objetivo y se determina el valor de una diferencia de los ángulos de marcación medidos de este modo. Teniendo en cuenta la separación mutua entre las disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua, los ángulos de marcación hacia el objetivo son combinados formando un triángulo de marcación, que tiene regularmente un ángulo agudo. Este ángulo agudo corresponde al valor de paralaje. A partir de este valor de paralaje así como a partir de la separación entre las disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua se estima la distancia al objetivo. Cuanto mayor sea el valor de paralaje, tanto menor es la distancia al objetivo. Cuanto mayor sea el valor de paralaje y con ello habitualmente al mismo tiempo cuanto menor sea la distancia al objetivo, tanto más precisamente pueden estimarse los datos del objetivo. Por ello, una historia larga de valores de medida es menos importante para objetivos en el campo próximo que para objetivos que se encuentran más lejos. En particular, un valor de paralaje alto proporciona sin embargo una indicación de que pueden obtenerse datos del objetivo con una elevada calidad, incluso cuando se escoge la longitud de filtro con un valor pequeño. Una dependencia de la longitud de filtro respecto al valor de paralaje es por ello particularmente ventajosa.

Preferentemente, para una primera disposición de receptores de ondas sonoras en el agua se emplea una antena lateral o una matriz de flanco (*flank array*) y para una segunda disposición de receptores de ondas sonoras en el agua una antena de arrastre o una matriz a remolque (*towed array*). Antenas de este tipo son particularmente ventajosas, ya que tienen una gran separación mutua entre sus centros acústicos.

Alternativamente se emplean preferentemente para una primera disposición de receptores de ondas sonoras en el agua una antena lateral o una matriz de flanco y para una segunda disposición de receptores de ondas sonoras en el agua una base cilíndrica. Habitualmente, la separación del centro de masa acústico de antenas de este tipo es significativamente menor que la separación de los centros acústicos de una antena lateral o una matriz de flanco y de una antena de arrastre o una matriz a remolque. Esta menor separación es conveniente para determinar el valor de paralaje para una menor distancia del objetivo. Esta combinación de antenas se emplea por ello preferentemente cuando no puede emplearse ninguna antena de arrastre.

En otra forma de realización particular se halla, con respecto a los ángulos de marcación medidos por la primera disposición de receptores de ondas sonoras en el agua y con respecto a los ángulos de marcación medidos por la segunda disposición de receptores de ondas sonoras en el agua, respectivamente un valor para una dispersión, por ejemplo la desviación estándar o la varianza, y la longitud de filtro se determina en función de los valores de dispersión hallados. En este caso, la dependencia entre la longitud de filtro y los valores de dispersión hallados se escoge de tal modo que al disminuir los valores de dispersión la longitud de filtro es reducida o respectivamente es aumentada al crecer los valores de dispersión de la longitud de filtro. Esto es ventajoso, ya que para mayores dispersiones la incertidumbre con relación a los valores de medida es relativamente grande. Esta incertidumbre es compensada al menos parcialmente de nuevo mediante longitudes de filtro más largas y con ello observaciones sobre periodos de tiempo más largos. En conjunto pueden conseguirse de este modo resultados aún mejores en la determinación de datos del objetivo.

En otra forma de realización particular, para hallar un valor de dispersión actual se recurre a un número de ángulos de marcación medidos, en particular los ángulos de marcación medidos durante un ciclo de tratamiento, y se hace un promedio sobre varios valores de dispersión previos hallados de este modo. Esto lleva a una mayor precisión de los valores de dispersión, ya que éstos pueden ser observados sobre un periodo de tiempo más largo. En conjunto se obtienen con ello resultados aún mejores en la determinación de datos del objetivo.

En otra forma de realización particular se calcula un valor de paralaje actual a partir de una formación de valor medio de un número de valores de paralaje determinados precedentemente y dado el caso de un valor de paralaje medido actualmente. Como los ángulos de marcación medidos están afectados por imprecisiones, que se deben a caminos de propagación diferentes de las ondas sonoras y a otras influencias perturbadoras, una formación de valor medio es ventajosa para reducir mediante cálculo la dispersión de los ángulos de marcación medidos.

Ventajosamente, en este caso los valores de paralaje son determinados respectivamente mediante formación del valor de la diferencia de ángulos de marcación, medidos y previamente filtrados, respectivamente de ambas disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua. Es decir, los ángulos de marcación medidos son sometidos a un filtrado previo, para eliminar por ejemplo valores estadísticos atípicos. Se recurre entonces a los ángulos de marcación medidos, filtrados previamente y depurados de este modo, para la determinación de los valores de paralaje, en que los ángulos de marcación hallados por una disposición de receptores de ondas sonoras en el agua son restados de los correspondientes ángulos de marcación hallados por la otra disposición de receptores de ondas sonoras en el agua, para obtener valores de paralaje respectivamente correspondientes.

En otra forma de realización preferida, se escoge la longitud de filtro, para un ciclo de tratamiento actual, igual a una longitud de filtro nuevamente calculada, en caso de que la nueva longitud de filtro no sea mayor que la longitud de filtro determinada en el ciclo de tratamiento precedente. De este modo, la longitud de filtro puede escogerse siempre lo más pequeña posible, no habiendo límites para una reducción de la longitud de filtro. Es decir, la longitud de filtro puede ser reducida también en pasos mayores de 1. Preferentemente se indica sin embargo una longitud de filtro mínima, que tiene por ejemplo el valor "3".

ES 2 341 055 T3

En otra forma de realización particular, la nueva longitud de filtro es determinada como número entero a partir del valor de paralaje actual así como a partir de los valores de dispersión hallados. Preferentemente, esta determinación se produce con ayuda de la siguiente ecuación:

$$5 \quad \text{FLO} = \text{Int}[a + b/(P_n + c)]$$

10 en que FLO es la nueva longitud de filtro, P_n el valor estimado de paralaje actual (absoluto), así como a, b y c son coeficientes predeterminados dependientes de los valores de dispersión hallados, e Int indica el cálculo de número entero, en particular del número entero superior más próximo o inferior más próximo. Esta ecuación es una buena aproximación de la dependencia entre los valores de paralaje estimados y la longitud de filtro a determinar. Esta dependencia se determina empíricamente. La longitud de filtro en función del paralaje puede ser descrita por ello de modo suficientemente bueno también mediante otras ecuaciones con evolución similar.

15 En otra forma de realización preferida, la longitud de filtro para un ciclo de tratamiento actual se escoge con un valor mayor como máximo en 1 que la longitud de filtro determinada en el ciclo de tratamiento precedente, en caso de que una longitud de filtro FLO nuevamente calculada sea mayor que la longitud de filtro determinada en el ciclo de tratamiento precedente. La nueva longitud de filtro es aumentada con ello como máximo en 1. Este paso limitado a 1 es suficiente y mantiene corta la longitud de filtro. Esto estriba en el hecho de que los datos que no eran necesarios
20 en el ciclo de tratamiento precedente para un buen resultado en la determinación de los datos del objetivo (es decir que ya se eliminaron de la longitud de filtro antigua precedente) tampoco son necesarios en el ciclo de tratamiento siguiente.

En otra forma de realización particular, la longitud de filtro se escoge para el ciclo de tratamiento actual igual a la
25 longitud de filtro del ciclo de tratamiento precedente, en caso de que el valor de paralaje más alto estimado - presente en los ciclos de tratamiento precedentes presentes dentro de la longitud de filtro - sea mayor que un valor de paralaje necesario para la longitud de filtro escogida en el ciclo de tratamiento precedente. La longitud de filtro es determinada con ello ventajosamente mediante el valor de paralaje más alto en la ventana de filtro determinada por la longitud de filtro. A través de ello se consigue que la longitud de filtro disminuya rápidamente mientras que el paralaje sea cada
30 vez más grande, por ejemplo porque el objetivo se aproxima rápidamente o se mueve a un sector de recepción más conveniente, en particular a un sector transversal al vehículo portador. Además se consigue que la longitud de filtro del ciclo de tratamiento precedente pueda ser conservada en muchos casos aún cuando el paralaje disminuye otra vez, por ejemplo porque el objetivo se aleja otra vez o entra en un sector de recepción peor.

35 En otra forma de realización particular, el valor de paralaje necesario es determinado a partir de los valores de dispersión hallados y a partir de la longitud de filtro del ciclo de tratamiento precedente. Preferentemente, esta determinación se produce según la siguiente ecuación:

$$40 \quad P_b = (a + b)/\text{FL}_{n-1} - c$$

en que P_b es el valor de paralaje necesario, a, b y c son coeficientes predeterminados dependientes de los valores de dispersión hallados y FL_{n-1} es la longitud de filtro del ciclo de tratamiento precedente. En cuanto a esta ecuación se trata de la función inversa descrita más arriba para hallar la longitud de filtro a partir de un valor de paralaje estimado.
45 Esta ecuación puede transformarse de modo ideal para determinar el valor de paralaje necesario.

En otra forma de realización preferida, con la longitud de filtro determinada dinámicamente de este modo se estima una distancia a un objetivo y se determina al menos otra longitud de filtro para la estimación de rumbo y/o velocidad de este objetivo. En este caso, se escoge esta otra longitud de filtro al menos tan grande como la longitud de filtro
50 para la estimación de distancia. Con ello puede tenerse en cuenta la circunstancia de que pueden alcanzarse buenas estimaciones de un rumbo de objetivo y de una velocidad de objetivo con longitudes de filtro mayores, mientras que pueden alcanzarse buenas estimaciones de la distancia del objetivo, en particular en el campo próximo al vehículo portador, con longitudes de filtro lo más cortas posibles.

55 En otra forma de realización particular, también se determina la otra longitud de filtro automática y dinámicamente, en particular nuevamente durante cada ciclo de tratamiento. Los coeficientes (a, b y c) a los que hay que recurrir en este caso para esta otra longitud de filtro son ventajosamente sin embargo distintos a los coeficientes a los que se recurre para la estimación de distancia.

60 En otra forma de realización preferida, variaciones del valor de paralaje debidas a maniobras propias del vehículo portador no contribuyen a una variación de la longitud de filtro. En el caso de una maniobra propia resultan considerables variaciones del paralaje hacia un objetivo. Sin embargo, una longitud de filtro reducida debido a una elevación de los valores de paralaje puede conducir en un caso de este tipo a resultados peores en la estimación de datos del objetivo. Si por el contrario es ignorada una variación de paralaje debida a maniobras propias, la longitud de filtro
65 puede mantenerse tan grande que también se recurra a ángulos de marcación de ciclos de tratamiento más lejanos para la determinación de datos del objetivo.

Esto tiene como resultado estimaciones considerablemente mejores de los datos buscados del objetivo.

ES 2 341 055 T3

En una forma de realización particularmente preferida, una distancia estimada del objetivo se compara con una distancia mínima prefijable y en caso de que la distancia estimada quede por debajo de la distancia mínima se muestra un aviso por riesgo para la seguridad del vehículo portador. De este modo puede emitirse un aviso de colisión automático, cuando un objetivo se encuentra demasiado próximo al vehículo portador. Esto es particularmente ventajoso cuando el vehículo portador es un submarino que pretende salir a la superficie. Este submarino tiene, a saber con el fin de evitar colisiones, un gran interés en que la zona de mar en torno a la posición de salida a la superficie esté libre de otras naves. La seguridad en el tráfico marítimo puede aumentarse con ello significativamente.

Otras formas de realización preferidas resultan de las reivindicaciones subordinadas, en particular mediante el hecho de que un dispositivo conforme a la invención tiene medios para llevar a cabo uno o más pasos de procedimiento conforme a las reivindicaciones subordinadas referidas al procedimiento conforme a la invención, y resultan asimismo de los ejemplos de realización explicados más detalladamente con ayuda del dibujo adjunto. En el dibujo muestran:

la figura 1 un submarino en una vista desde arriba para la explicación de un triángulo de marcación,

la figura 2 un diagrama de bloques para la ilustración de un procedimiento así como de una instalación de sonar con dos disposiciones de transducción conforme a un ejemplo de realización de la invención,

la figura 3 un escenario con marcaciones de un vehículo portador hacia un objetivo,

la figura 4 una evolución temporal del valor de paralaje correspondiente al escenario según la figura 3,

la figura 5 un diagrama temporal de la estimación de distancia en un escenario según la figura 3,

la figura 6 una relación funcional entre distancia de comparación y ángulo de marcación,

la figura 7 un conjunto de curvas para la explicación de la dependencia conforme a la invención de una longitud de filtro respecto a un paralaje estimado para diferentes combinaciones de dispersiones de ángulos de marcación medidos,

la figura 8 un diagrama de flujo para la explicación de la determinación de la longitud de filtro,

la figura 9 otro escenario con marcaciones de un vehículo portador hacia un objetivo,

la figura 10 una evolución de una longitud de filtro determinada dinámicamente para el escenario mostrado en la figura 9 y

la figura 11 una evolución de un error de estimación de la distancia estimada del vehículo portador al objetivo para el escenario mostrado en la figura 9.

La figura 1 muestra un submarino 10 con un eje longitudinal L en una vista desde arriba. A bordo del submarino 10 se encuentra en la proa una primera disposición de transducción con transductores electroacústicos en forma de una base cilíndrica 11. Señales recibidas de la base cilíndrica 11 son agrupadas en una instalación de recepción de sonar en forma de una instalación panorámica pasiva formando señales de grupo con características de dirección contiguas en un formador de direcciones 12, la cual recibe ondas sonoras de forma circundante, selectivamente en cuanto a dirección y correspondientemente a las direcciones de recepción principales de las características de dirección. Las direcciones de recepción principales tienen perpendicularmente a cuerdas, desplazadas respectivamente en un transductor, de un arco de círculo, ocupado por transductores, de la base cilíndrica 11, mediante el recurso de que las señales recibidas de los transductores electroacústicos son retardadas en duración o fase correspondientemente a su distancia del arco de círculo a las cuerdas y son sumadas formando señales de grupo. Con la base cilíndrica 11 se detecta un objetivo Z bajo un ángulo de marcación φ_{ca} referido a la nave. El eje longitudinal L del submarino es el eje de referencia para los ángulos de marcación φ_{ca} .

Con una segunda disposición de transducción, dispuesta con una separación D respecto a la posición de transductor de la primera disposición de transducción, en forma de una antena lateral 13, una denominada matriz de flanco (*flank array*), es marcado el mismo objetivo Z bajo un ángulo de marcación φ_{fa} . Las señales recibidas de la antena lateral 13 son retardadas para ello en un segundo formador de direcciones 14 correspondientemente a oscilaciones virtuales diferentes de la antena lateral 13 y son sumados formando señales de grupo, de forma que se abarca un abanico de características de dirección, cuyas direcciones de recepción principales contiguas cubren un sector lateralmente respecto al submarino. Con la antena lateral 13 es marcado el objetivo Z bajo un ángulo de marcación φ_{fa} , referido a la dirección longitudinal L. Los ángulos de marcación φ_{ca} y φ_{fa} forman conjuntamente con la distancia D un triángulo de marcación, en cuya punta está situado el objetivo Z. La distancia R al objetivo Z es mucho mayor que la separación D entre ambas disposiciones de transducción, los ángulos de marcación φ_{ca} y φ_{fa} son prácticamente iguales y se diferencian sólo en un valor de paralaje P.

En un ejemplo de realización alternativo está prevista adicional o alternativamente a la base cilíndrica 11 o a la antena lateral 13 una antena de arrastre, una denominada matriz a remolque (*towed array*), con la que el objetivo Z es marcado bajo un ángulo de marcación φ_{ta} . La antena de arrastre es arrastrada detrás del submarino con una separación

D' conocida respecto a la base cilíndrica 11 o respectivamente a la antena lateral 13. Las señales recibidas de la antena de arrastre son retardadas para ello en otro formador de direcciones correspondientemente a oscilaciones virtuales diferentes de la antena de arrastre y son sumadas formando señales de grupo, de modo que se abarca un abanico de características de dirección, cuyas direcciones de recepción principales contiguas cubren un sector lateralmente respecto a la antena de arrastre. Los ángulos de marcación φ_{ta} y φ_{fa} o respectivamente φ_{ta} y φ_{ca} forman conjuntamente con la separación D' de nuevo un triángulo de marcación, en cuya punta está situado el objetivo Z. Los ángulos de marcación φ_{ta} y φ_{fa} o respectivamente φ_{ta} y φ_{ca} son de nuevo prácticamente iguales y se diferencian sólo en un valor de paralaje P'.

Las siguientes explicaciones se refieren al ejemplo de realización mostrado en la figura 1 con base cilíndrica 11 y antena lateral 13; las explicaciones son aplicables sin embargo análogamente a los ejemplos de realización alternativos previamente citados, en los que adicional o alternativamente a la base cilíndrica 11 y a la antena lateral 13 se emplea una antena de arrastre.

Conforme a la figura 2, a bordo del submarino 10 se encuentra en la instalación de recepción de sonar (por ejemplo la base cilíndrica 11) un filtro de estimación 15 para la determinación pasiva de datos del objetivo a partir de ángulos de marcación $\varphi_{ca1}, \varphi_{ca2}, \dots, \varphi_{can}$. Estos ángulos de marcación son medidos hacia el objetivo Z para una marcha constante del submarino a lo largo de una denominada etapa propia en posiciones propias del submarino $E_0, E_1, \dots, E_n$, mientras que el objetivo Z se mueve con una velocidad constante v con un rumbo de objetivo γ desde la posición de objetivo Z_0 hasta la posición de objetivo Z_n . La figura 3 muestra estos movimientos en un sistema de coordenadas rectangular norte-este con división por kilómetros, cuyo origen es la posición propia E_0 en el instante $t = 0$. Las distancias al objetivo $R_0, R_1, \dots, R_n$ se pueden deducir también de la figura 3.

En un filtro de estimación 15 habitual, que se describe por ejemplo en el documento DE-PS 3 446 658, los primeros datos del objetivo a partir de ángulos de marcación φ_{ca} pueden ser hallados sólo cuando el submarino realiza una maniobra propia y prosigue su marcha por una segunda etapa propia bajo un ángulo respecto a la primera etapa propia o con velocidad modificada. Los ángulos de marcación medidos sobre la segunda etapa propia son ligados entonces conjuntamente con los ángulos de marcación medidos sobre la primera etapa propia y permiten una estimación de la distancia al objetivo, mediante el recurso de que se minimizan iterativamente diferencias de ángulos de marcación según el principio de error cuadrático mínimo. En el filtro de estimación 15 se hallan para ello los ángulos de marcación estimados a partir de la siguiente posición estimada del objetivo, que se adopta como siguiente posición del objetivo prefijando una velocidad estimada y un rumbo estimado del objetivo. Cuando la suma de los errores de marcación entre los ángulos de marcación estimados y medidos queda por debajo de un error prefijable, se reconoce la mejor estimación posible de los coeficientes del objetivo, la distancia, el rumbo y la velocidad.

El filtro de estimación 15 utiliza para estimar los datos del objetivo para cada medida de marcación de una disposición de transducción la correspondiente posición de transductor en el instante de medida del ángulo de marcación. Estas posiciones de transductor son halladas en un calculador de posiciones 151 a partir de la posición propia del submarino, calculada por una instalación de navegación integrada 152, con ayuda de una plataforma inercial, a partir de la dirección longitudinal L del submarino 10 hallada en ese momento con un compás 153 así como a partir de las distancias de los lugares de montaje de las disposiciones de transducción respecto al lugar de montaje de la plataforma inercial. Los lugares de montaje exactos están almacenados como distancias respecto a la dirección longitudinal y transversal del submarino 10 en una memoria 154 en tablas, que son establecidas y suministradas por el astillero.

En vez de una maniobra del vehículo portador, para hallar los datos del objetivo se tienen en cuenta en el filtro de estimación 15 conforme a la invención ángulos de marcación φ_{fa} de una segunda disposición de transducción y un valor de paralaje estimado. Mediante formación de diferencias entre los dos ángulos de marcación φ_{ca} y φ_{fa} medidos se estima el valor de paralaje P_n , asociado al enésimo ciclo de tratamiento para la estimación de un conjunto de datos del objetivo y mostrado en la figura 1 como valor de paralaje P real. Para ello, en un calculador de paralaje 16 se aplica una ventana de promediado móvil sobre una cantidad M prefijable de formaciones de diferencias, es decir para una frecuencia de datos de por ejemplo 1 Hz se emplean para ello 60 diferencias:

$$P_n = \left| \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (\varphi_{cai} - \varphi_{fai}) \right|$$

El valor de paralaje P estimado es comparado con un valor límite de paralaje P_{lim} calculado en un calculador de valores límite de paralaje 17. El valor límite de paralaje P_{lim} caracteriza un triángulo de marcación, cuyo ángulo agudo deja reconocer claramente una ausencia de paralelismo de las líneas de marcación desde la base cilíndrica 11 y la antena lateral 13 conforme a la figura 1. Este valor límite de paralaje P_{lim} es determinado a partir de las dispersiones

estimadas $\sigma\varphi_{ca}$, $\sigma\varphi_{fa}$ de las medidas de ángulos de marcación con la base cilíndrica 11 y la antena lateral 13 de un número N_{ca} o respectivamente N_{fa} de ángulos de marcación medidos durante un ciclo de tratamiento para la estimación de un conjunto de datos del objetivo:

$$P_0 = \frac{1,8\sqrt{\sigma\varphi_{ca}^2 + \sigma\varphi_{fa}^2}}{\sqrt{N_{ca} + N_{fa}}}$$

Un ciclo de tratamiento dura por ejemplo 20 segundos. La ventana de promediado anteriormente citada se extiende entonces sobre $k = 3$ ciclos de tratamiento.

En un circuito comparador 18 conectado a continuación, el valor de paralaje P_n estimado en el n -ésimo ciclo de tratamiento es comparado con el valor límite de paralaje P_{lim} calculado. Cuando el valor de paralaje P_n es igual o mayor que el valor límite de paralaje P_{lim} , a través de una puerta 19 las medidas de ángulos de marcación φ_{fa} de la antena lateral 13 son transmitidas al filtro de estimación 15 y los ángulos de marcación φ_{fa} medidos de la segunda disposición de transducción son empleados conjuntamente con los ángulos de marcación φ_{ca} medidos de la primera disposición de transducción para la estimación de los datos del objetivo.

La figura 4 muestra la evolución temporal del valor de paralaje para una marcha del vehículo portador desde el punto inicial E_0 a lo largo de su etapa propia conforme a la figura 3. Para una separación $D = 30$ m entre ambas disposiciones de transducción, para un número $N = 20$ de medidas de ángulos de marcación por cada ciclo de tratamiento y por cada disposición de transducción y para una dispersión respectiva de las medidas de ángulos de marcación de $\sigma_{ca} = \sigma_{fa} = 0,5^\circ$ resulta el valor límite de paralaje $P_{lim} = 0,2^\circ$. Al comienzo de la marcha de medida, el valor de paralaje P es muy pequeño debido a la gran distancia R_0 al objetivo, como muestra la figura 3. En la evolución siguiente, P se hace más pequeño en valor y sólo aumenta cuando el objetivo ha sobrepasado la proa. Tras fácilmente 8 minutos, el valor límite $P_{lim} = 0,2^\circ$ es superado y las medidas de ángulos de marcación con la antena 13 a la salida del formador de direcciones 14 son transmitidas a través de la puerta 19 al filtro de estimación 15.

Con ayuda del triángulo de marcación mostrado en la figura 1, la evolución temporal de una distancia límite o de comparación R_{lim} es calculada teniendo en cuenta el ángulo de marcación φ_{ca} medido correspondientemente a la figura 3 para un valor límite de paralaje $P_{lim} = 0,2^\circ$. La figura 5 muestra la evolución temporal de la distancia de comparación R_{lim} conjuntamente con la distancia estimada R_{est} . Tras fácilmente 8 minutos, la distancia estimada R_{est} está por debajo de la distancia de comparación R_{lim} y el conjunto de datos del objetivo puede ser mostrado.

La distancia de comparación R_{lim} es calculada en un calculador de distancias 30 conforme a la siguiente ecuación:

$$R_{lim} = D \cdot \frac{\sin\varphi_{ca}}{\sin P_{lim}}$$

El calculador de distancias 30 recibe por el lado de entrada el ángulo de marcación φ_{ca} procedente del formador de direcciones 12 y el valor límite de paralaje P_{lim} procedente del calculador de valores límite de paralaje 17. En una etapa comparadora de distancias 31, la distancia de comparación R_{lim} es comparada con la distancia estimada R_{est} procedente del filtro de estimación 15. Para $R_{est} \leq R_{lim}$ se activa un circuito lógico 40, que está conectado por el lado de entrada igualmente al circuito de comparación 18. El conjunto de datos estimados del objetivo, que consta de la distancia al objetivo Z , la velocidad v del objetivo Z y el rumbo γ del objetivo Z , es liberado mediante una señal de control a la salida del circuito lógico 20 para ser mostrado en un dispositivo de presentación de posiciones 21, cuando el circuito lógico 40 recibe al mismo tiempo señales de control desde las salidas del circuito comparador 18 y del circuito comparador de distancias 31.

Este instante de tiempo para dar vía libre a la presentación corresponde a la posición propia E_0 del submarino y a la posición Z_0 del objetivo en la figura 3. El objetivo Z se ha movido, en algo más de 8 minutos, desde su posición inicial Z_0 con la velocidad v hasta la posición de objetivo Z_0 en línea recta con un rumbo γ . En este instante la distancia R_{est} entre el submarino y el objetivo Z tiene un valor de 2,2 km. La evolución del valor de paralaje P en la figura 4 y de la distancia de comparación R_{lim} en la figura 5 muestran que todas las estimaciones siguientes de datos del objetivo pueden ser apoyadas por los ángulos de marcación φ_{fa} de las segundas disposiciones de transducción y no tiene que ser realizada ninguna maniobra propia.

Los datos del objetivo son estimados nuevamente por ejemplo cada 20 segundos. Si se llevan a cabo simulaciones de Montecarlo para el escenario representado en la figura 3, se obtiene el comportamiento de convergencia, representado en la figura 5, de la estimación de datos del objetivo para la distancia R al objetivo Z . La distancia verdadera R_{ver} al objetivo Z es mostrada por la curva dibujada en línea continua en la figura 5. En el instante $t = 0$, la distancia

verdadera R_{ver} tiene un valor de 5 km. La curva R_{est} en la figura 5 indica el valor medio de las estimaciones de distancia respectivamente llevadas a cabo en este instante. Las curvas discontinuas $R_{est} + \sigma_R$ y $R_{est} - \sigma_R$ encima y debajo de la evolución de R_{est} indican las desviaciones estándar de las estimaciones de distancia de las distintas simulaciones de Montecarlo. Tras 0,8 minutos por cada simulación de Montecarlo se estima el primer valor de distancia, de forma que entonces también está disponible el primer valor medio de la distancia estimada R_{est} . Con el paso del tiempo, la curva para R_{est} se aproxima con una dispersión cada vez menor a la curva para la distancia verdadera R_{ver} .

En un circuito de regresión 32 son halladas diferencias de distancia ΔR_i de las distancias estimadas R_{est} a una recta trazada a través de las distancias estimadas R_{est} , son promediadas en un formador de valores medios 33 y son comparadas con un valor límite Δm prefijable en un transmisor 34. La salida del formador de valores medios 33 está conectada igualmente a la entrada del circuito lógico 40. Cuando las diferencias de distancia son menores que el valor límite Δm , se activa el circuito lógico 40.

Opcionalmente, a través de un conmutador 35 son determinadas desviaciones estándar de distancia σ_R de la estimación de distancias en un circuito calculador 36 y son comparadas con una medida de estabilidad S_R procedente de un circuito de valores prefijados 37, el cual está igualmente conectado a la entrada del circuito lógico 40. Cuando la desviación estándar de distancia σ_R es menor o igual que la medida de estabilidad S_R , el circuito lógico 40 es activado. Para el escenario mostrado en la figura 3, la medida de estabilidad S_R se alcanza tras 9 minutos, y la distancia estimada R_{est} tiene entonces un valor de 2 km (véase la figura 5).

Para una indicación adicional de aviso, el circuito lógico 40 está conectado por el lado de salida a otra etapa comparadora 41, que está conectada por el lado de entrada a la etapa comparadora de distancias 31. Tan pronto como el circuito lógico 40 emite por la salida una señal hacia el dispositivo de presentación de posiciones 21 para mostrar el conjunto de datos del objetivo, la etapa comparadora 41 es activada. La distancia estimada R_{est} es comparada con una distancia mínima R_{min} prefijable en un transmisor 42. En caso de que la distancia estimada R_{est} sea menor que la distancia mínima R_{min} , se activa mediante la señal de salida de la etapa comparadora 41 la indicación de aviso en el dispositivo de presentación de posiciones 21, ya que un objetivo se encuentra en un entorno con un radio, que es menor que la distancia mínima R_{min} , respecto al submarino propio y puede significar un riesgo para la seguridad del submarino. Esta situación se produce conforme a la figura 5 para una distancia mínima prefijada $R_{min} = 2,0$ km tras 10,8 minutos, cuando el objetivo se encuentra a una distancia estimada $R_{est} = 1,8$ km del submarino. A partir de este momento la desviación estándar de distancia σ_R es siempre menor que la medida de estabilidad S_R .

La figura 6 muestra la relación entre el ángulo de marcación φ_{ca} referido a la nave y la distancia de comparación R_{lim} para un valor límite de paralaje P_{lim} de $0,2^\circ$ y una separación $D = 30$ m entre ambas disposiciones de transducción. En el escenario conforme a la figura 3, el objetivo se encuentra al principio de la marcha de medida a una distancia $R_0 = 5$ km. En los primeros 6 minutos, el ángulo de marcación φ_{ca} referido a la nave varía de 20° a 0° , la distancia se reduce y la distancia de comparación R_{lim} vuelve en este intervalo angular de 3 km a 0 km. Tras ello, el ángulo de marcación φ_{ca} referido a la nave aumenta de 0° a 90° , y la distancia R al objetivo Z se reduce nuevamente. La distancia de comparación R_{lim} aumenta para estos ángulos de marcación a valores de hasta 8,5 km.

Tras fácilmente 8 minutos, el ángulo de marcación φ_{ca} tiene un valor de 17° (figura 3), el valor de paralaje P es mayor que el valor límite de paralaje $P_{lim} = 0,2^\circ$ (figura 4), la distancia estimada R_{est} al objetivo Z es igual a la distancia límite $R_{lim} = 2,5$ km (figura 5) y la estabilidad de la estimación de distancia es suficiente (figura 5). El conjunto de datos del objetivo es llevado a presentación en el dispositivo de presentación de posiciones 21, aunque el submarino propio no ha llevado a cabo aún ninguna maniobra propia.

Un aspecto particular de la presente invención es la adaptación dinámica automática del número de ángulos de marcación medidos empleados para la estimación de los datos del objetivo. En cada ciclo de tratamiento se estima un conjunto de datos del objetivo. En este caso en cada ciclo de tratamiento se trata una cantidad predeterminada de ángulos de marcación medidos. El filtro de estimación 15 emplea para la estimación de un conjunto de datos del objetivo respectivamente los ángulos de marcación medidos y/o datos del objetivo de ciclos de tratamiento precedentes, para estimar un nuevo conjunto de datos del objetivo. El número de ciclos de tratamiento empleados se denomina aquí longitud de filtro. Esta longitud de filtro es determinada automáticamente e individualmente para cada objetivo. En este caso, la longitud de filtro es vuelta a determinar dinámicamente, y a saber preferentemente una vez durante cada ciclo de tratamiento, y la longitud de filtro nueva determinada de este modo es empleada por el filtro de estimación para el respectivo objetivo.

La obtención de una longitud de filtro FL_n determinada en un ciclo de tratamiento enésimo se explica a continuación con referencia a la figura 2, en tanto que no se indique nada diferente.

Los ángulos de marcación φ_{ca} medidos por la base cilíndrica 11 o respectivamente en general por una primera disposición de receptores de ondas sonoras en el agua y por el formador de direcciones 12 asociado son suministrados a un primer calculador de dispersión 50. Correspondientemente, los ángulos de marcación φ_{fa} medidos por la antena lateral 13 o respectivamente en general por una segunda disposición de receptores de ondas sonoras en el agua y por el formador de direcciones 14 asociado son suministrados a un segundo calculador de dispersión 51. Cada uno de estos calculadores de dispersión 50, 51 estima desviaciones estándar σ_1 o respectivamente σ_2 de los ángulos de marcación respectivamente medidos. Los ángulos de marcación, medidos dentro de cada ciclo de tratamiento, de una disposición de receptores de ondas sonoras en el agua son utilizados primeramente para un cálculo de una des-

ES 2 341 055 T3

viación estándar en bruto. Esto se produce para cada disposición de receptores de ondas sonoras en el agua junto a los formadores de direcciones asociados separadamente en el calculador de dispersión respectivamente asociado. La desviación estándar σ_1 o respectivamente σ_2 de cada calculador de dispersión 50, 51 que sigue siendo empleada respectivamente resulta de una formación de valor medio de un número de desviaciones estándar en bruto halladas de este modo.

Las desviaciones σ_1 y σ_2 halladas de este modo son suministradas entonces a un módulo de coeficientes 52, que determina coeficientes a, b y c. Estos coeficientes son extraídos preferentemente de una tabla, que contiene valores para los coeficientes a, b y c para diversas combinaciones de σ_1 , σ_2 . Esta tabla está presente ventajosamente en una memoria de datos. Los coeficientes a, b y c pueden ser calculados sin embargo también respectivamente de forma numérica.

Con ayuda de los coeficientes a, b y c, un módulo de longitud de filtro 53 halla una longitud de filtro FL0 determinada provisionalmente en función del valor de paralaje P_n actualmente estimado. En este caso, P_n es un valor medio de las diferencias, calculadas en último lugar, de ángulos de marcación medidos con filtrado previo. De este modo se eliminan valores estadísticos atípicos entre los valores de paralaje hallados o respectivamente se tienen en cuenta con menor peso. Esta dependencia de la longitud de filtro FL0 respecto al valor de paralaje P_n resulta de la ecuación:

$$FL0 = \text{Int}[a + b/(P_n + c)]$$

en que FL0 es la longitud de filtro provisional nuevamente calculada, P_n el valor de paralaje estimado actualmente, así como a, b y c son los coeficientes anteriormente citados e Int indica el cálculo de número entero. Este número entero es hallado en particular a partir del siguiente número entero superior o del siguiente número entero inferior.

La figura 7 ilustra a modo de ejemplo con tres curvas la relación de la longitud de filtro FL0 provisional en función del valor de paralaje P, para el que se recurre al valor de paralaje P_n estimado actualmente para el instante n. Las distintas curvas FL0(P) son similares entre sí. Al aumentar los valores de dispersión σ_1 , σ_2 , las curvas se desplazan sin embargo hacia longitudes de filtro mayores.

El módulo de longitudes de filtro 53 mostrado en la figura 2 genera de este modo, en función del paralaje P_n estimado actualmente y suministrado a él, una longitud de filtro FL0 nueva provisional, que es suministrada a un calculador de longitudes de filtro 54. Este calculador de longitudes de filtro 54 realiza los pasos explicados a continuación en relación con la figura 8.

El calculador de longitudes de filtro 54 compara en el paso S1 la longitud de filtro FL0 provisional con la longitud de filtro FL_{n-1} determinada en el ciclo de tratamiento precedente. Si la longitud de filtro FL0 provisional es menor o igual que la longitud de filtro FL_{n-1} del ciclo de tratamiento precedente, en el paso S2 se escoge la longitud de filtro FL_n , a determinar nuevamente para el ciclo de tratamiento n actual, igual a la longitud de filtro FL0 provisional. Como la nueva longitud de filtro FL_n debe escogerse ventajosamente lo más pequeña posible, para poder seguir también de forma fiable objetivos que maniobran en las proximidades del submarino propio, la nueva longitud de filtro FL_n puede ser también menor, en más de 1, que la longitud de filtro FL_{n-1} del ciclo de tratamiento precedente.

Cuando sin embargo se determina en el paso S1 que la longitud de filtro FL0 provisional no es menor o igual que la longitud de filtro FL_{n-1} del ciclo de tratamiento precedente, en el paso S3 se calcula un valor de paralaje P_b necesario, que resulta de la función inversa de $FL = f(P)$. Esta función inversa es como sigue:

$$P_b = (a + b)/FL_{n-1} - c$$

En el paso S4 se determina el valor de paralaje máximo $P_{\max}$ en la ventana de filtro, es decir el valor de paralaje máximo a partir del conjunto formado por el valor de paralaje P_n estimado en el ciclo de tratamiento n así como por los valores de paralaje estimados en los FL_{n-1} ciclos de trabajo previos, en que FL_{n-1} es la longitud de filtro determinada en el ciclo de tratamiento n-1 previo.

En el paso S5 se comprueba si $P_{\max}$ es mayor o igual que el paralaje necesario P_b . Cuando éste es el caso, en el paso S6 se iguala la longitud de filtro FL_n para el ciclo de tratamiento n actual a la longitud de filtro FL_{n-1} del ciclo de tratamiento previo.

Sin embargo, si $P_{\max}$ no es mayor o igual que el paralaje necesario P_b , en el paso S7 se determina la longitud de filtro FL_n del ciclo de tratamiento n actual a partir de la longitud de filtro FL_{n-1} , aumentada en 1, del ciclo de tratamiento n-1 previo.

De este modo se garantiza que la longitud de filtro FL_n respectivamente recalculada sea como máximo mayor en 1 que la longitud de filtro FL_{n-1} previa. Esto es suficiente, ya que tales datos, que no eran necesarios en el ciclo de tratamiento previo para un resultado satisfactorio de los datos estimados del objetivo, tampoco serán necesarios en el ciclo de tratamiento actual.

ES 2 341 055 T3

Mediante la determinación de la longitud de filtro FL_n con ayuda del paralaje máximo P_{max} en la ventana de filtro se consigue que la longitud de filtro se reduzca rápidamente, mientras que el paralaje estimado aumente, por ejemplo porque el objetivo se acerca o se mueve a un sector de recepción más favorable. Además se consigue que la longitud de filtro del ciclo de tratamiento previo a menudo pueda seguir siendo conservada todavía, incluso cuando el paralaje
5 vuelva a reducirse, por ejemplo porque el objetivo se vuelva a alejar o entre en un sector de recepción desfavorable, y por ello la longitud de filtro en principio debería volver a ser aumentada.

La nueva longitud de filtro FL_n determinada conforme a la figura 8 es suministrada conforme a la figura 2 por el calculador de longitudes de filtro 54 al filtro de estimación 15, el cual genera, teniendo en cuenta los dentro de la
10 ventana de filtro con la longitud de filtro FL_n un nuevo conjunto de datos del objetivo conforme a las explicaciones anteriores.

La longitud de filtro del filtro de estimación es ajustada para cada objetivo individualmente una y otra vez dinámicamente. Es escogida en este caso lo más corta posible. Una longitud de filtro corta es ventajosa en particular
15 para poder seguir objetivos que maniobran en el entorno cercano del submarino propio. Tan pronto como a saber un objetivo varía su rumbo o su velocidad, en particular realiza maniobras en el entorno cercano del vehículo portador, los ángulos de marcación más atrasados empeoran los resultados de la estimación, ya que deben ser asociados a otra etapa, es decir a otra trayectoria de movimiento uniforme con rumbo constante y velocidad constante. Es por ello ventajoso que en casos de este tipo el filtro de estimación 15 sea utilizado con una longitud de filtro corta. Desviaciones
20 perturbadoras de este tipo respecto a una trayectoria de movimiento uniforme son esperables de forma particularmente significativa en las proximidades del submarino propio, en particular para paralajes mayores. Por ello es conveniente reducir la longitud de filtro al aumentar el paralaje. En conjunto, mediante un acortamiento de la longitud de filtro es posible con resultados satisfactorios una estimación de posición de objetivos que maniobran o de objetivos que se acercan rápidamente.

La figura 9 muestra otro escenario de una trayectoria de movimiento de un vehículo portador designada como trayectoria propia 55, cuyo vehículo se mueve desde una posición inicial $E0'$ pasando por posiciones $E2'$, $E4'$, etc.
primeramente a lo largo de una primera trayectoria recta y, tras la realización de una maniobra, a lo largo de una segunda trayectoria recta. La separación temporal entre dos posiciones contiguas, por ejemplo entre $E0'$ y $E2'$, es
30 de respectivamente dos minutos. El vehículo portador se mueve con ello con velocidad constante a lo largo de la trayectoria propia 55. Tras 16 minutos lleva a cabo un cambio de rumbo en dirección a estribor.

Por el lado de babor del vehículo portador se mueve un objetivo a lo largo de una trayectoria de objetivo 56. En las posiciones $E0'$, $E1'$, $E2'$, $E4'$, etc. están indicadas respectivamente de forma simplificada líneas de marcación, tal
35 como deben discurrir hacia la trayectoria de objetivo 56 verdadera. El objetivo lleva a cabo varias maniobras, a saber una primera tras aproximadamente 4,5 minutos, una segunda tras aproximadamente 10 minutos, una tercera tras aproximadamente 18,5 minutos así como otra maniobra tras aproximadamente 24 minutos. Las posiciones simbolizadas con cruces son las posiciones de objetivo 57 estimadas por el vehículo portador. Se observa que las posiciones de objetivo 57 estimadas se desvían más o menos de las correspondientes posiciones de la trayectoria de objetivo 56 verdadera. Cuanto más tiempo esté moviéndose el objetivo sobre una trayectoria uniforme, tanto mejor corresponderán
40 las posiciones de objetivo 57 estimadas a la trayectoria de objetivo 56 verdadera.

La figura 10 muestra la evolución temporal de la longitud de filtro FL determinada respectivamente de nuevo dinámicamente durante cada ciclo de tratamiento y empleada. La longitud de filtro tiene primeramente un valor de
45 tres, es decir que la ventana de filtro se extiende por tres ciclos de tratamiento. Aumenta entonces hasta un valor de siete, de forma que la ventana de filtro se extiende entonces por siete ciclos de tratamiento. Como el objetivo sin embargo se aproxima dentro de los primeros 4,5 minutos al vehículo portador, el paralaje crece y la longitud de filtro se reduce nuevamente hasta el valor "tres". Tras aproximadamente 25,5 minutos, el objetivo se aleja nuevamente, de modo que el paralaje se reduce y por ello la longitud de filtro vuelve a ser aumentada.

La figura 11 ilustra el error que se produce en la estimación de la distancia. Se observa que se produce un error de estimación 58 particularmente grande siempre que el objetivo ha realizado una maniobra. Esto es válido en particular
50 en tanto que el instante de realización de la maniobra del objetivo se encuentre dentro de la longitud de filtro, es decir de la ventana de filtro. Como tras aproximadamente 4,5 minutos se ha llevado a cabo una maniobra de objetivo, que afecta negativamente a las estimaciones siguientes, se produce otro error de estimación 58 particularmente grande tras aproximadamente 5,5 minutos. De modo correspondiente, se produce un error de estimación particularmente grande 11 minutos después del inicio del registro, ya que el objetivo ha llevado a cabo una maniobra de objetivo tras 10 minutos. Otro error de estimación particularmente grande se produce aproximadamente 24,5 hasta 25 minutos después del comienzo del registro, ya que el objetivo ha llevado a cabo otra maniobra de objetivo tras 24 minutos.

En un ejemplo de realización alternativo, para datos de objetivo diferentes se emplean longitudes de filtro diferentes, para el mismo objetivo. Por ejemplo, se emplea la longitud de filtro determinada del modo previamente descrito para estimar una distancia del objetivo, mientras que se determina otra longitud de filtro para la estimación del rumbo y/o de la velocidad de este objetivo. Esta otra longitud de filtro se escoge entonces preferentemente más grande que la
65 longitud de filtro para la estimación de la distancia. El dispositivo de presentación de posiciones 21 muestra entonces al operario la distancia estimada sobre la base de la primera longitud de filtro, hallada como se ha descrito antes en detalle, y el rumbo y la velocidad del objetivo sobre la base de la otra longitud de filtro.

ES 2 341 055 T3

5 Ventajosamente se emplean dos disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua, por ejemplo la antena lateral y la antena de arrastre, con una gran separación entre ellas, para seguir objetivos a una gran distancia. Para objetivos a una distancia corta, en particular por debajo de un valor umbral predeterminado, se emplean dos disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua separados por una distancia corta, por ejemplo la antena lateral y la base cilíndrica.

10 Cuando más se aproxima un objetivo al submarino propio, tanto mayor es la precisión, rapidez e independencia respecto al sector de recepción con las que pueden ser determinados sus datos de objetivo. La presente invención es apropiada por ello particularmente también como disposición de aviso anti-colisión. Es decir, cuando la distancia queda por debajo de una distancia de seguridad, se emite una notificación de aviso de colisión. Esta notificación de aviso de colisión es suministrada a un operario y/o a una disposición para la introducción de medidas para evitar colisiones, cuya disposición, en respuesta a una notificación de aviso de colisión de este tipo, introduce de forma autónoma una correspondiente medida para evitar colisiones, por ejemplo un proceso de inmersión o una variación de rumbo.

15 El procedimiento conforme a la invención puede aplicarse también especialmente antes de procesos de salida a la superficie. En caso de que de la estimación de datos del objetivo resulte que el objetivo se encuentra en un sector de recepción desfavorable y por ello exista un riesgo de que el objetivo ponga en riesgo el proceso de salida a la superficie, el rumbo propio es modificado de tal modo que este objetivo esté situado transversalmente respecto al eje longitudinal del submarino propio. Debido a la longitud de filtro corta para objetivos en el campo próximo del submarino propio, puede llevarse a cabo con una precisión suficiente y en un tiempo suficientemente corto una estimación de datos del objetivo, en particular una estimación de la posición del objetivo, con relación a un objetivo de este tipo, para valorar un riesgo de colisión.

20 La estimación descrita de datos del objetivo, que prevé una marcación cruzada mediante dos disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua, no presupone ninguna maniobra propia. Por ello, una estimación así de datos del objetivo puede producirse también mediante disposiciones en reposo de receptores de ondas sonoras en el agua. Con ello pueden emplearse también disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua instaladas fijamente, que estén montadas fuera de un barco o submarino, por ejemplo en estructuras submarinas para la protección de instalaciones portuarias, plataformas petrolíferas y vías marinas. La invención no está limitada por ello al empleo a bordo de barcos o respectivamente submarinos.

25 La estimación de datos del objetivo conforme a la invención con longitud de filtro variable no presupone sin embargo necesariamente una marcación cruzada mediante los receptores de ondas sonoras en el agua descritos. Antes bien, son posibles también estimaciones de datos del objetivo con sensores distintos o respectivamente adicionales.

30 En la marcación cruzada, la longitud de filtro se determina entre otras cosas mediante el paralaje. Son imaginables sin embargo también otros criterios, a los que puede recurrirse para la determinación de la longitud de filtro. Por ejemplo, el alcance del sensor puede emplearse como criterio; si por ejemplo el alcance del sensor es de 20 km, la longitud de filtro puede ser limitada a un número de ciclos de tratamiento correspondientes a media hora. Si por el contrario, el alcance del sensor es de 100 km, la longitud de filtro tiene que ser aumentada a por ejemplo un número de ciclos de tratamiento correspondientes a una hora. Como criterio alternativo o adicional puede recurrirse también a condiciones de contorno geográficas. Si existe por ejemplo tierra a una distancia de 20 km, el objetivo debe estar a una distancia menor de 20 km respecto al submarino propio. En este caso, la longitud de filtro puede escogerse menor que un número de ciclos de tratamiento correspondientes a 30 minutos. En tanto que la estimación de datos del objetivo se produzca sin marcación cruzada, sólo con marcaciones simples, es necesaria una maniobra propia para la estimación de datos del objetivo. En este caso, la longitud de filtro debe escogerse siempre con una magnitud suficiente como para que dentro de la ventana de filtro exista una maniobra propia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación pasiva de datos (R_{est} , v_{est} , γ_{est}) de un objetivo mediante recepción selectiva en dirección de ondas- sonoras, que son emitidas o enviadas por un objetivo (Z), con una disposición de receptores de ondas sonoras en el agua (11; 13) de una instalación de recepción de sonar, en particular sobre un vehículo portador (10), a partir de ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) hacia uno o varios objetivos (Z), en que en ciclos de tratamiento sucesivos es estimado por cada ciclo de tratamiento al menos un dato de objetivo (R_{est} ; v_{est} ; γ_{est}) a partir de ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}), en que en la estimación de cada dato de objetivo entran ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) procedentes de un número de ciclos de tratamiento precedentes que reciben la denominación de longitud de filtro (FL_n), **caracterizado** porque la longitud de filtro (FL_n) es determinada individualmente para cada objetivo (Z) de forma automática y dinámica en función de una distancia estimada al objetivo (Z) y es reducida para un objetivo (Z) que se acerca o respectivamente es aumentada para un objetivo (Z) que se aleja y es ajustada correspondientemente a la longitud de filtro (FL_n) así determinada.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque unos ángulos de marcación (φ_{ca} , φ_{fa}) son medidos con dos disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua (11, 13) separadas entre sí, un valor de paralaje (P_n) es determinado mediante formación de diferencias a partir de los ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}), la longitud de filtro (FL_n) es determinada en función de este valor de paralaje (P_n) y al aumentar el valor de paralaje (P_n) la longitud de filtro (FL_n) es reducida o respectivamente al disminuir el valor de paralaje (P_n) la longitud de filtro (FL_n) es aumentada.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque con respecto a los ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) por la primera disposición de receptores de ondas sonoras en el agua (13) y con respecto a los ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) por la segunda disposición de receptores de ondas sonoras en el agua (11) es hallado respectivamente un valor para una dispersión (σ_1 , σ_2) y la longitud de filtro (FL_n) es determinada en función de los valores de dispersión (σ_1 , σ_2) hallados y al disminuir los valores de dispersión (σ_1 , σ_2) la longitud de filtro (FL_n) es reducida o respectivamente al aumentar los valores de dispersión (σ_1 , σ_2) la longitud de filtro (FL_n) es aumentada.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque para hallar un valor de dispersión (σ_1 , σ_2) actual se recurre a un número de ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) y se hace un promedio de varios valores de dispersión (σ_1 , σ_2) hallados de este modo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 hasta 4, **caracterizado** porque un valor de paralaje (P_n) actual es calculado a partir de una formación de valor medio de un número de valores de paralaje (P_{n-1} , P_{n-2} , P_{n-3} , ...) determinados precedentemente y dado el caso a partir de un valor de paralaje medido actualmente.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque los valores de paralaje (P_{n-1} , P_{n-2} , P_{n-3} , ...) precedentes son determinados respectivamente mediante formación de diferencias de ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}), previamente filtrados, respectivamente de las dos disposiciones de receptores de ondas sonoras en el agua (11, 13).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la longitud de filtro (FL_n) para un ciclo de tratamiento (n) actual es escogida igual a una longitud de filtro (FL_0) nuevamente calculada, en caso de que esta nueva longitud de filtro (FL_0) no sea mayor que la longitud de filtro (FL_{n-1}) determinada en el ciclo de tratamiento precedente.
8. Procedimiento según la reivindicación 7 con referencia a una de las reivindicaciones 2 hasta 6, **caracterizado** porque una longitud de filtro (FL_0) nueva es calculada como número entero a partir del valor de paralaje (P_n) actual así como a partir de los valores de dispersión (σ_1 , σ_2) hallados.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la longitud de filtro (FL_n) para un ciclo de tratamiento (n) actual es escogida con un valor mayor en como máximo 1 que la longitud de filtro (FL_{n-1}) determinada en el ciclo de tratamiento (n-1) precedente, en caso de que una longitud de filtro (FL_0) calculada nuevamente sea mayor que la longitud de filtro (FL_{n-1}) determinada en el ciclo de tratamiento (n-1) precedente.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** porque la longitud de filtro (FL_n) para el ciclo de tratamiento (n) actual es escogida igual a la longitud de filtro (FL_{n-1}) del ciclo de tratamiento (n-1) precedente, en caso de que el valor de paralaje estimado más grande (P_{max}), presente en los ciclos de tratamiento (n-1) previos presentes dentro de esta longitud de filtro (FL_{n-1}), sea mayor que un valor de paralaje (P_b) necesario para la longitud de filtro (FL_{n-1}) escogida en el ciclo de tratamiento (n-1) precedente.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** porque el valor de paralaje (P_b) necesario es determinado a partir de los valores de dispersión hallados y a partir de la longitud de filtro (FL_{n-1}) del ciclo de tratamiento (n-1) precedente.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque con la longitud de filtro (FL_n) determinada dinámicamente es estimada la distancia (R_{est}) al objetivo (Z) y porque al menos otra longitud de

ES 2 341 055 T3

filtro es hallada para la estimación de rumbo (γ_{est}) y/o velocidad (v_{est}) de este objetivo (Z) y esta otra longitud de filtro es escogida al menos tan grande como la longitud de filtro (FL_n) para la estimación de distancia.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la longitud de filtro no es variada para una variación del valor de paralaje debida a una maniobra propia del vehículo portador (10).

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque una distancia estimada (R_{est}) del objetivo es comparada con una distancia mínima (R_{min}) prefijable y en caso de que quede por debajo de la distancia mínima (R_{min}) es mostrado un aviso por riesgo para la seguridad del vehículo portador.

15. Dispositivo para la determinación pasiva de datos (R_{est} , v_{est} , γ_{est}) de un objetivo mediante recepción selectiva en dirección de ondas sonoras, emitidas o enviadas por un objetivo (Z), mediante una disposición de receptores de ondas sonoras en el agua (11; 13) de una instalación de recepción de sonar, en particular sobre un vehículo portador (10), en que en un filtro de estimación (15) puede ser estimado en ciclos de tratamiento sucesivos por cada ciclo de tratamiento al menos un dato de objetivo (R_{est} ; v_{est} ; γ_{est}) a partir de ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) hacia uno o varios objetivos (Z), en que en la estimación de cada dato de objetivo (R_{est} ; v_{est} ; γ_{est}) entran ángulos de marcación medidos (φ_{ca} , φ_{fa}) procedentes de un número de ciclos de tratamiento precedentes que reciben la denominación de longitud de filtro (FL_n), **caracterizado** por

- a) un módulo de longitud de filtro (53), que está conformado para determinar la longitud de filtro (FL_n) individualmente por cada objetivo de forma automática y dinámica en función de una distancia estimada al objetivo (Z) y
- b) un calculador de longitudes de filtro (54), que está conformado para reducir la longitud de filtro (FL_n) para un objetivo (Z) que se acerca o respectivamente para aumentarla para un objetivo (Z) que se aleja, y para ajustar la longitud de filtro (FL_n) correspondientemente a esta longitud de filtro (FL_n) en el filtro de estimación (15).

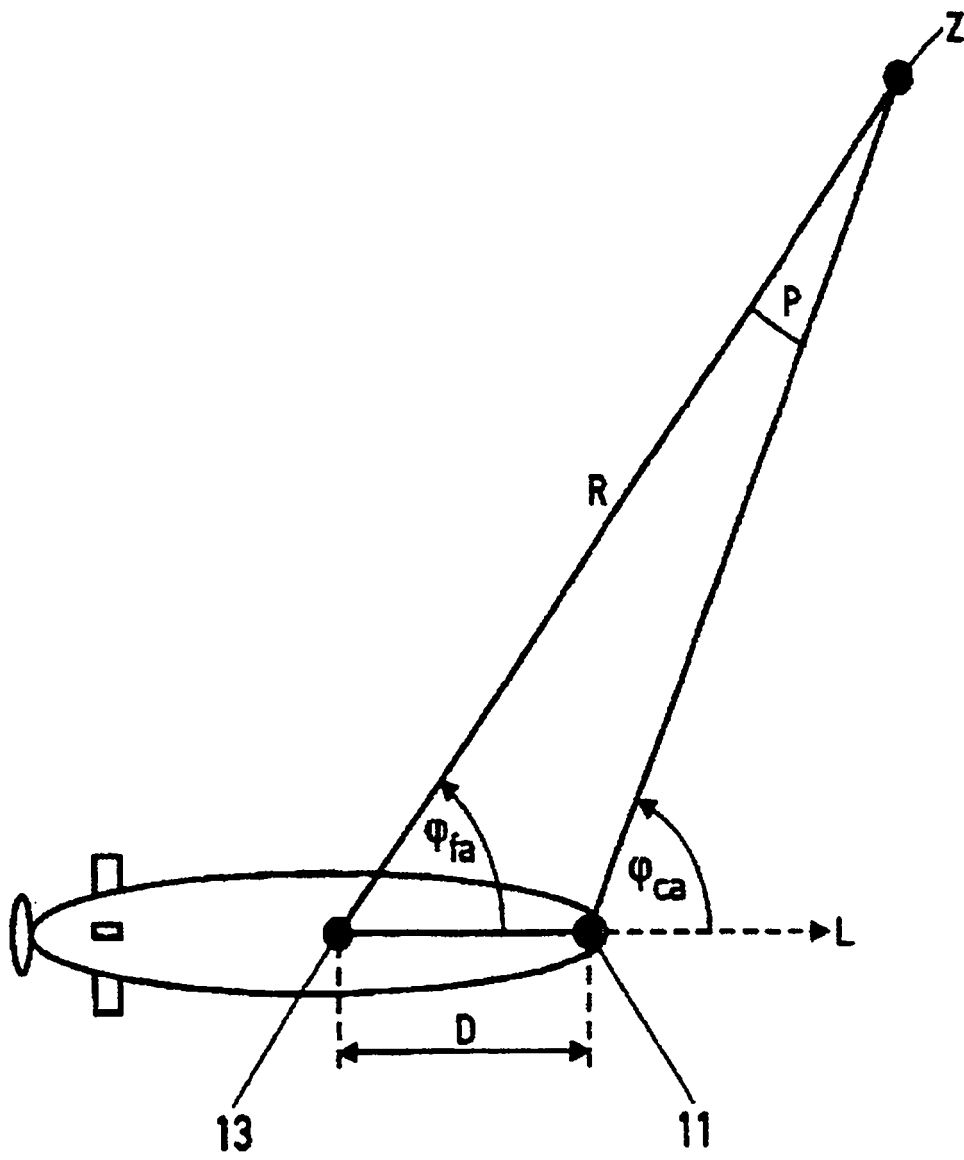


Fig. 1

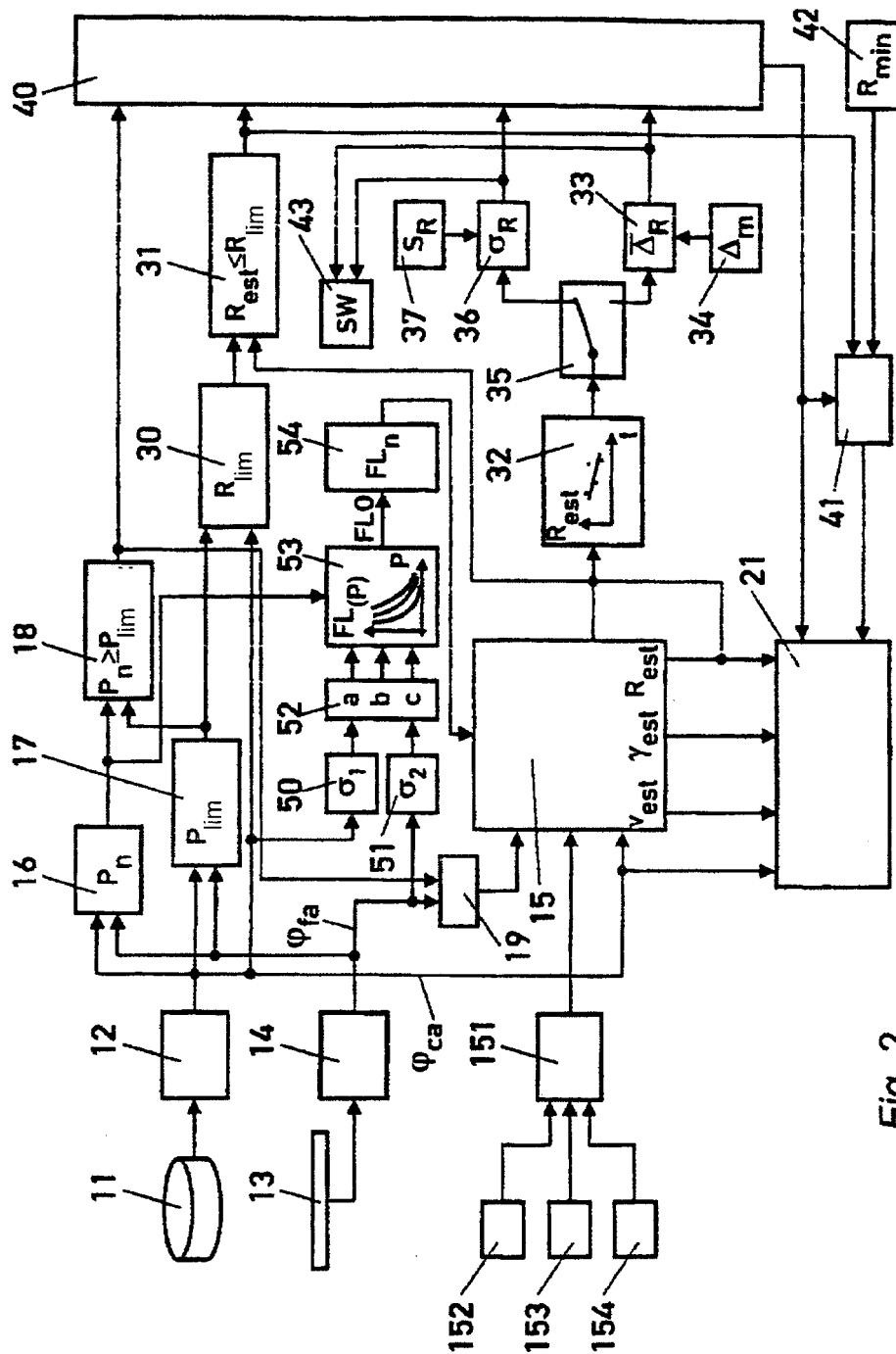


Fig. 2

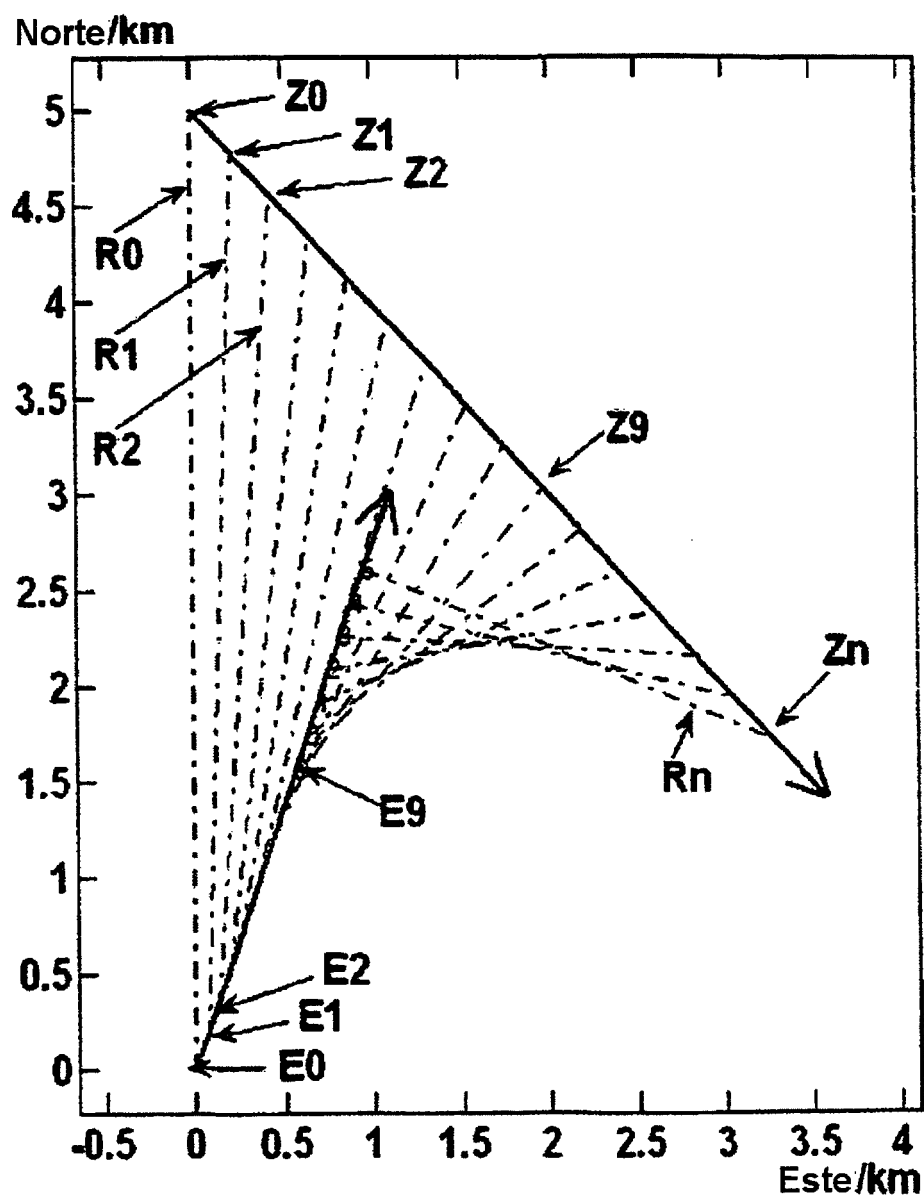


Fig. 3

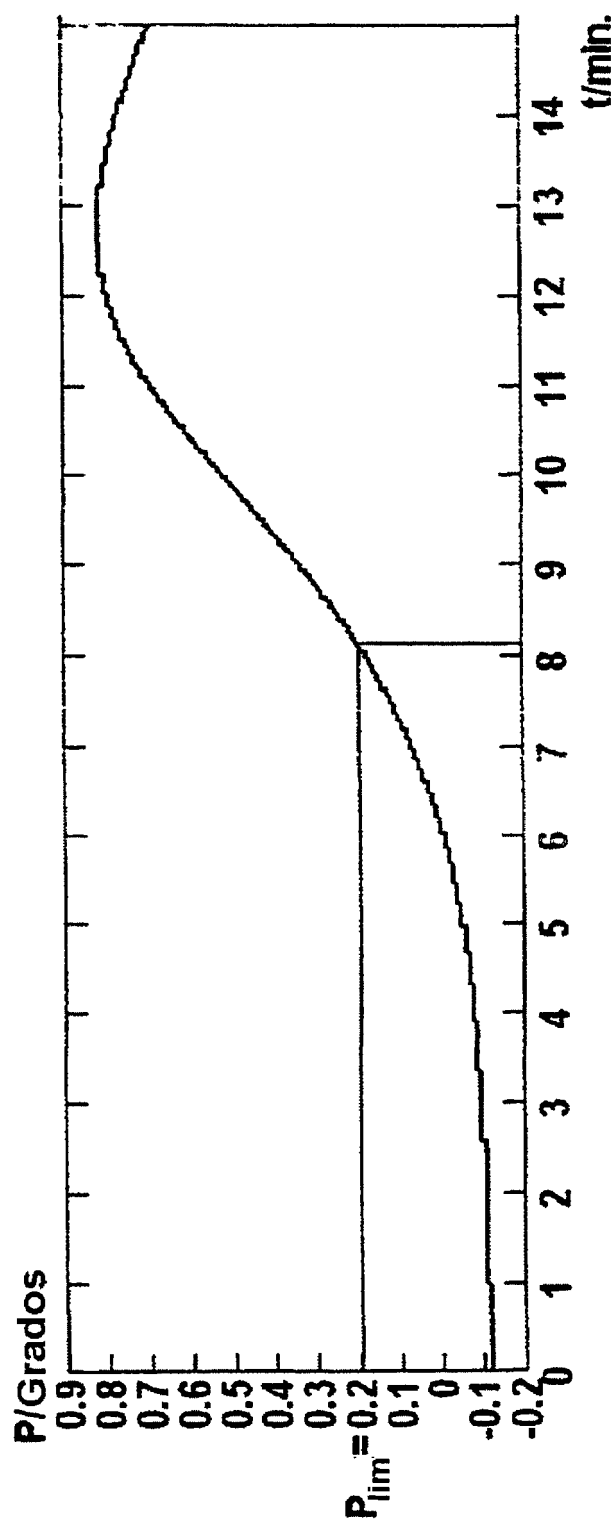


Fig. 4

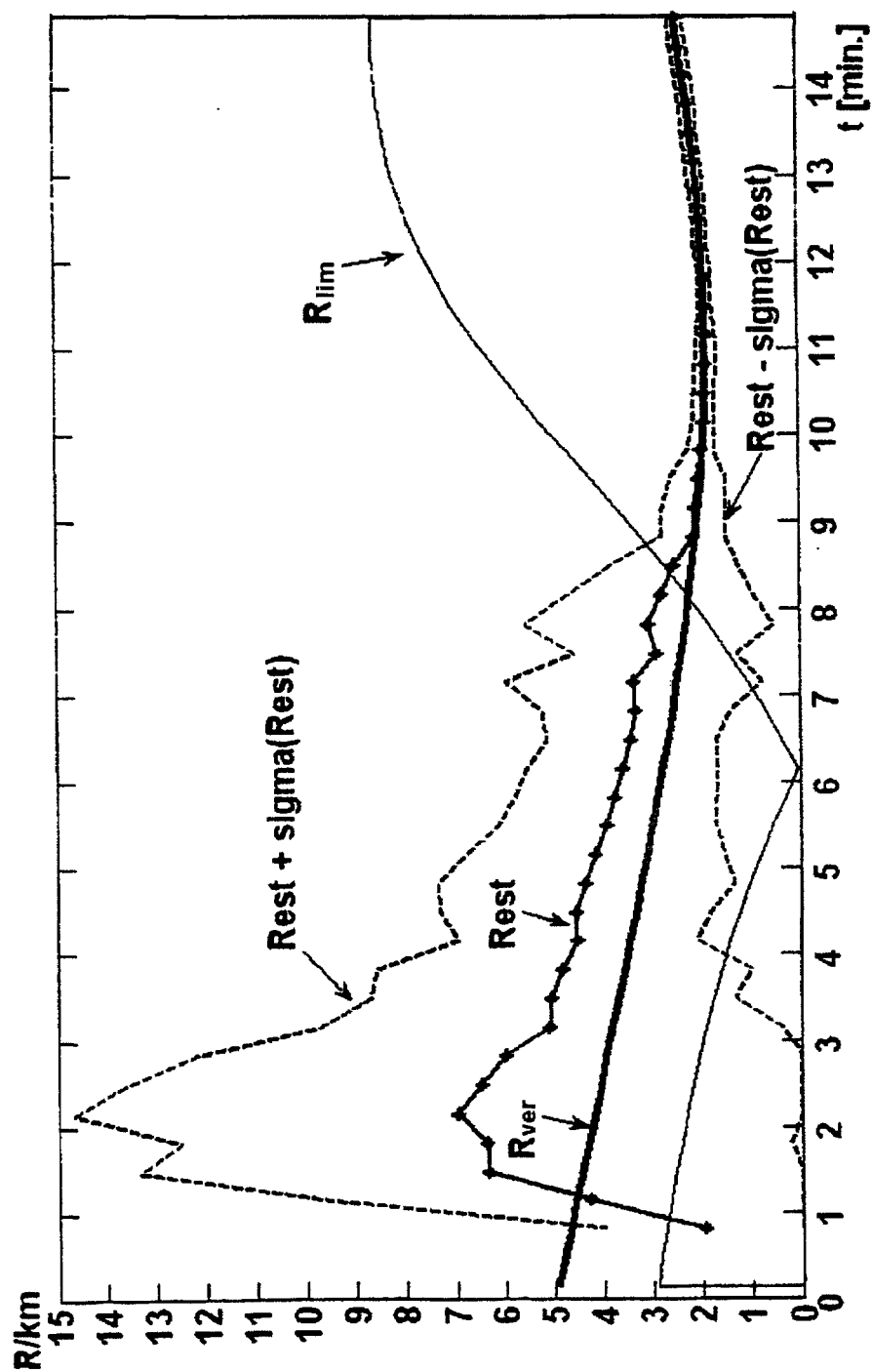


Fig. 5

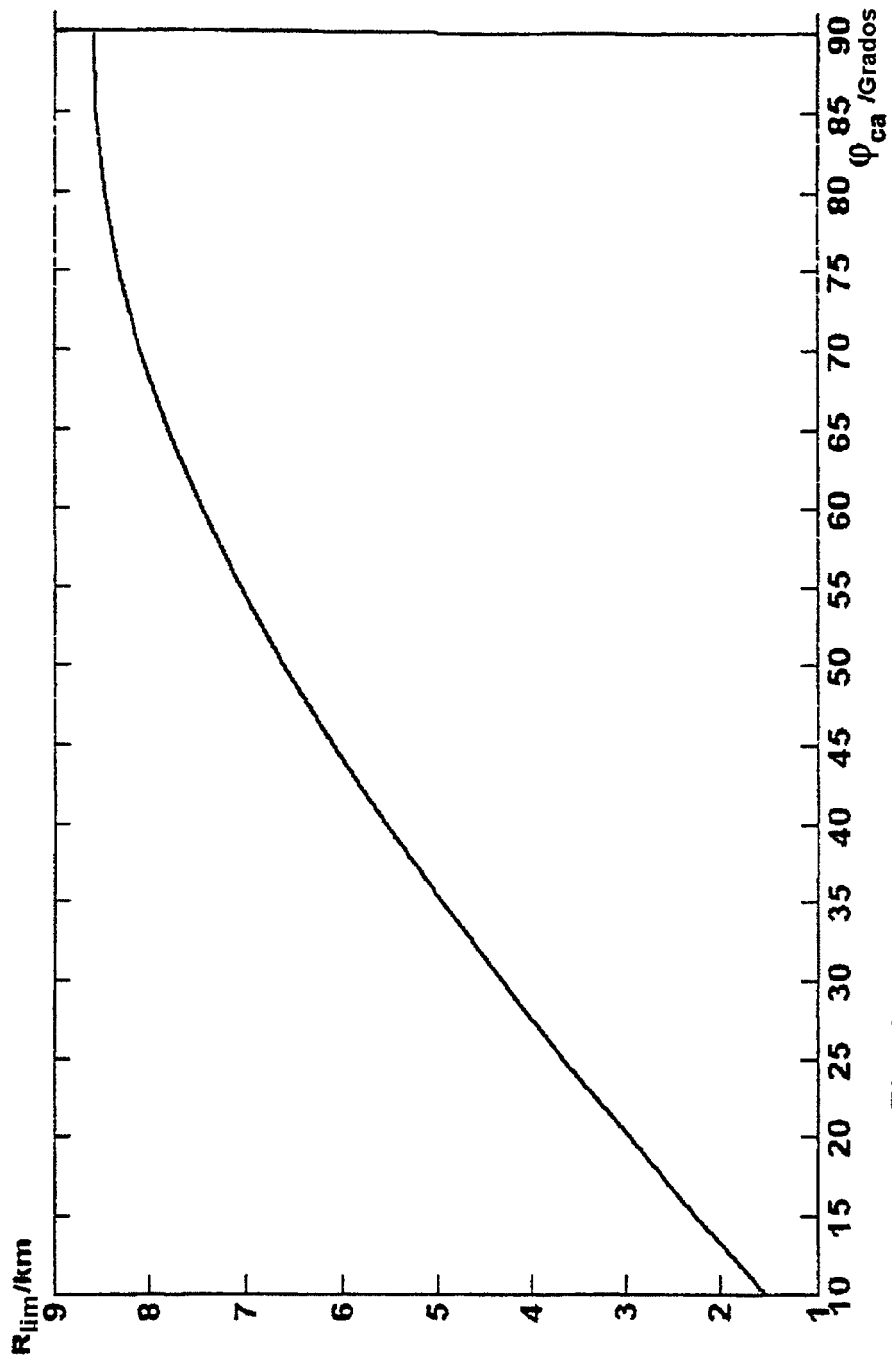


Fig. 6

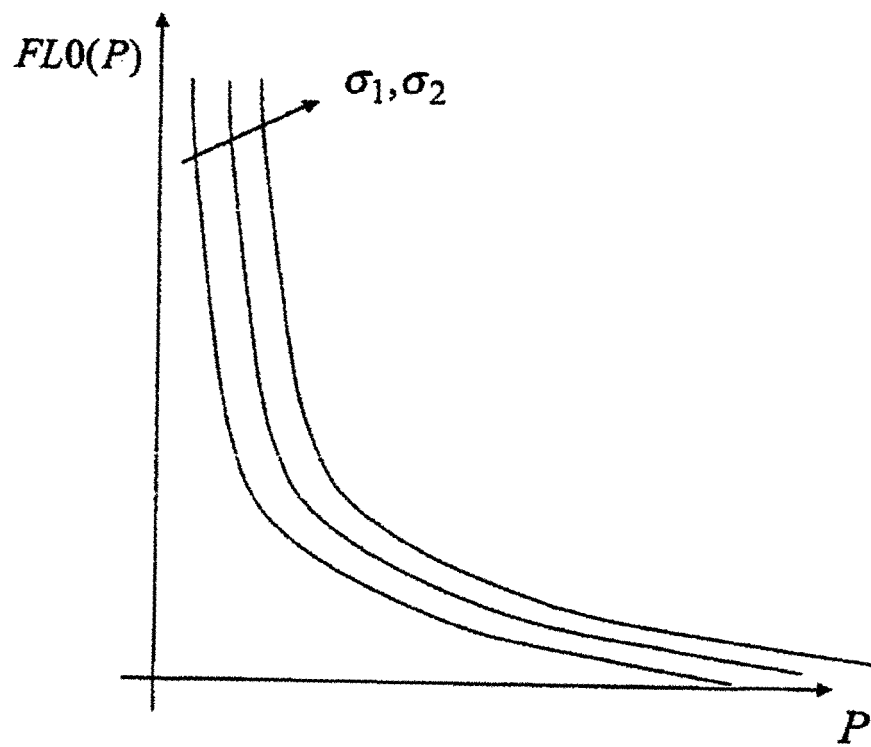


Fig. 7

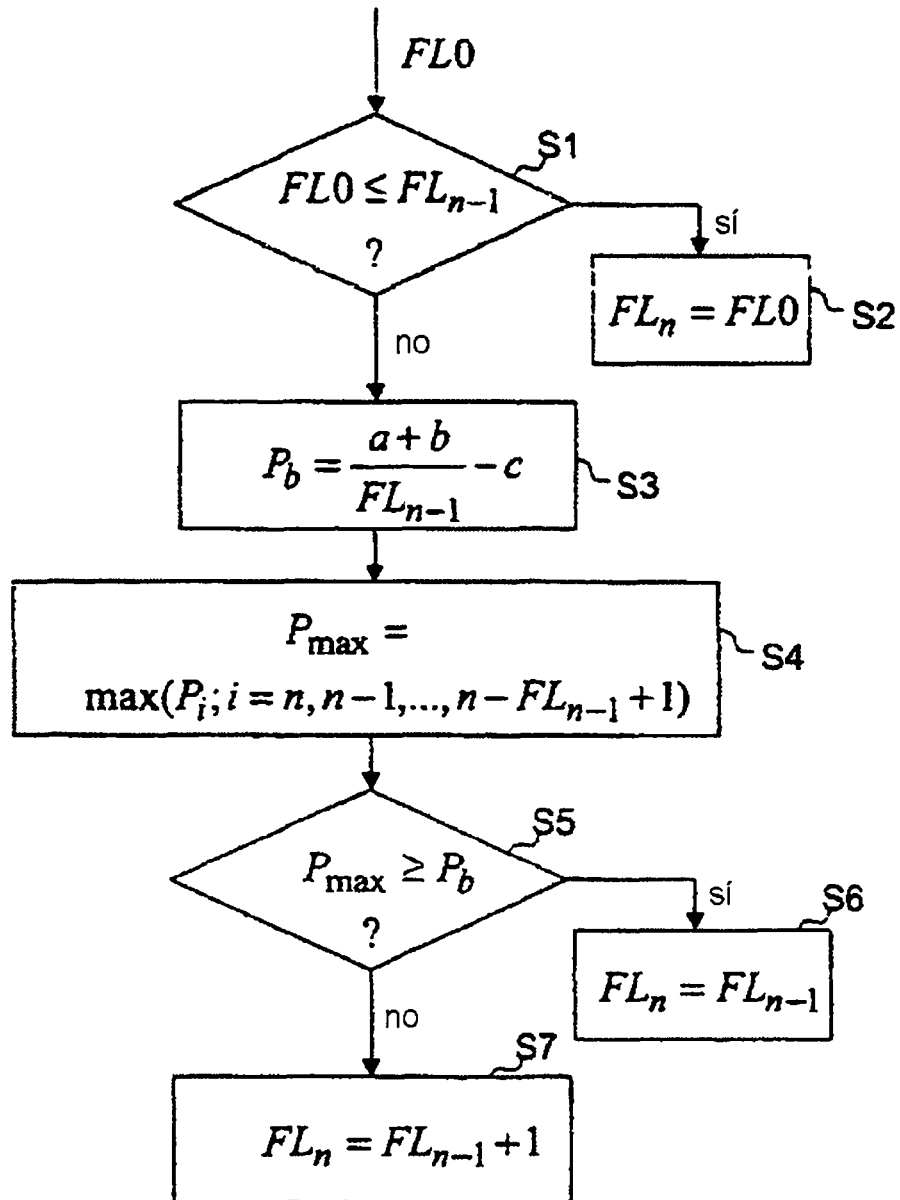


Fig. 8

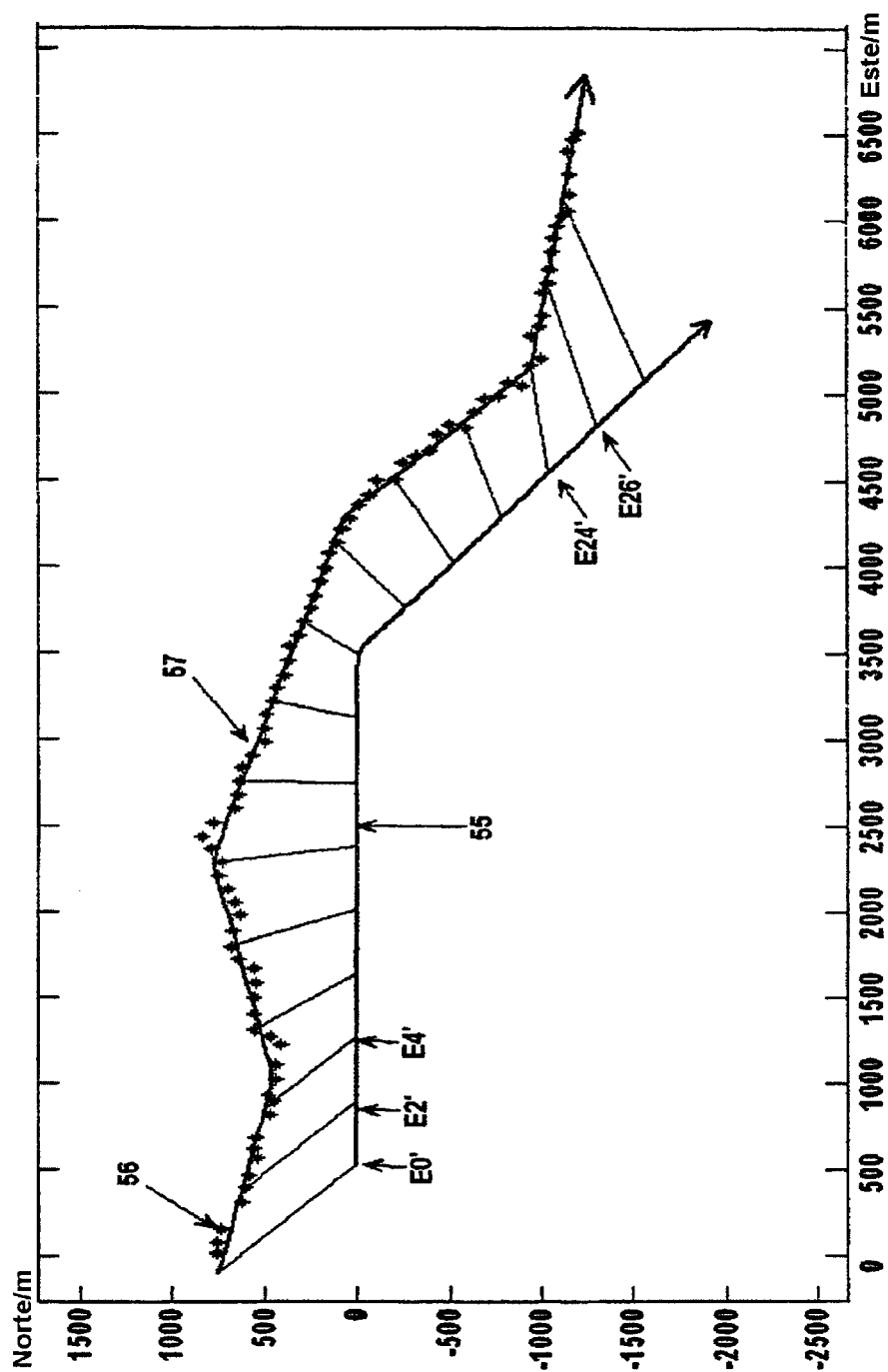


Fig. 9

