



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 122**

51 Int. Cl.:
G01C 21/16 (2006.01)
B63B 49/00 (2006.01)
G05D 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08015676 .3**
96 Fecha de presentación : **05.09.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2161542**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.03.2010**

54 Título: **Arquitectura de posicionamiento dinámico.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.06.2011

73 Titular/es: **CONVERTEAM TECHNOLOGY Ltd.**
Boughton Road
Rugby Warwickshire CV21 1BU, GB
IXSEA

72 Inventor/es: **Crétollier, François;**
Stephens, Richard Ian y
Chamberlain, Andrew Graham

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 362 122 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

Campo Técnico

La presente invención se refiere a una arquitectura del posicionamiento dinámico (DP) de buques marinos, esto es, al uso de propulsores para mantener la posición de un buque en las inmediaciones de un punto de referencia y estabilizar su rumbo, en oposición a las fuerzas del entorno, como por ejemplo el viento y la corriente. La arquitectura está particularmente relacionada con la forma en la que un sistema de navegación inercial (INS) puede estar integrado con el sistema de DP.

El término "buque" pretende incluir embarcaciones, plataformas de perforación y cualquier otro buque que se desplace por la superficie o a los buques a modo de plataformas o sumergibles (submarinas). La invención es principalmente válida respecto de aplicaciones en aguas profundas pero el uso en la presente memoria de la palabra "marinos" no pretende excluir su aplicación a lagos de agua dulce o a otras aguas poco profundas.

El término "sistema de navegación inercial (INS)" pretende incluir los sistemas que contienen una unidad de medición inercial (IMU), la cual es normalmente un sistema de medición de nivel bajo con un algoritmo de fusión de datos internos o externos.

El término "sistema de posicionamiento dinámico (DP)" pretende incluir otros sistemas de posicionamiento para buques, como por ejemplo los sistemas de amarre de la posición y los sistemas de amarre asistidos por propulsores, los cuales combinan aspectos de un sistema de DP con un sistema de amarre.

Técnica Antecedente

Un buque se desplaza en seis ejes, tres ejes traslacionales (movimiento longitudinal, lateral y vertical) y tres rotacionales (bamboleo, cabeceo y guiñada). Estos seis ejes se muestran en la Figura 1. Un sistema de DP de un buque de superficie generalmente controla solo los tres movimientos en el plano horizontal, a saber el lineal de popa - proa, el de desviación lateral y el de guiñada, pero puede necesitar la toma en consideración de mediciones en los seis ejes.

Los componentes fundamentales de un sistema de DP son: uno o más sistemas de referencia de la posición para medir la posición del buque y su rumbo; unos propulsores para aplicar un acción de control; y un controlador para determinar los empujes requeridos. El objetivo de un sistema de DP no es mantener el buque absolutamente fijo sino mantener su posición dentro de unos límites aceptables. La magnitud de la variación de las posiciones permitidas depende de la aplicación y de los factores operativos. En muchas aplicaciones una pérdida de la posición más allá de unos límites aceptables puede tener un impacto trascendente ya sea sobre la seguridad del personal, del equipo o sobre el entorno. Es vital, por consiguiente, que se adopten las medidas adecuadas para mantener la integridad del sistema de DP hasta donde sea razonablemente posible.

El funcionamiento seguro del DP se basa en la medición en todo momento de la posición y del rumbo del buque. Con el fin de asegurar que ello se cumple, incluso en situaciones de avería, todos los sistemas de medición incluyen una redundancia. La redundancia física requiere la aplicación de un equipamiento para asegurar que un solo fallo de cualquier pieza del equipamiento no se traduzca en un fallo completo de todo el sistema y permite que se soslaye el equipamiento averiado utilizando un hardware redundante. Los sistemas redundantes paralelos deben ser independientes -- esto es, ningún modo de un solo fallo debe ser capaz de inhabilitar todo el sistema.

El sistema de DP combina todas las mediciones disponibles de la posición, cualquiera que sea la fuente de la que procedan, en una sola estimación de la posición del buque. El algoritmo para combinar las mediciones puede basarse en un filtro Kalman.

Las fuentes de medición pueden incluir una amplia variedad de equipamientos de mediciones de la posición (PME) como por ejemplo compases giroscópicos (los cuales ofrecen una medición compacta, fiable y precisa del rumbo del buque (guiñada), independientemente de las perturbaciones externas, hilos tensos, sistemas de navegación por satélite (los cuales incluyen los sistemas de posicionamiento global (GPS) y los GPS diferenciales (DGPS)), los sistemas de navegación inercial (INS), y los sistemas de posicionamiento hidroacústico.

Un INS utiliza unas mediciones de aceleración para estimar el movimiento de un buque en un marco de referencia inercial. Sin embargo, a causa de los procesos físicos asociados con la aceleración debidos a la gravedad, sumados a la precisión y al ruido inherentes a los dispositivos mismos, siempre existe un grado de deriva en las mediciones de la posición. Esto significa que se necesitan unas actualizaciones periódicas respecto de las estimaciones del INS de la deriva. Estas actualizaciones pueden ser suministradas por otra unidad de PME, como por ejemplo un sistema de posicionamiento hidroacústico o un sistema de navegación por satélite.

El INS y los sistemas de posicionamiento hidroacústico

Los problemas de la acústica en aguas profundas son bien conocidos (Stephens, R.I. "Aspectos del posicionamiento dinámico industrial: control tolerante con la realidad" ["Aspects of industrial dynamic positioning: reality-tolerant control"], IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems, CAMS 2004, 7 a 9 de Julio de 2004, Ancona, Italia, pp. 41 a 51). La profundidad introduce unos tiempos largos de los ciclos de los pulsos magnéticos ("ping") debido a la distancia para que el sonido se desplace, a menos que se emplee el llamado "apilamiento" de los pulsos magnéticos ("pings stacking"). Las aguas profundas aumentan, así mismo, el coste de sustitución de las pilas de los transceptores, lo que comienza a representar una proporción considerable del coste global del sistema de posicionamiento hidroacústico. Mediante el incremento de los tiempos de los ciclos de los pulsos magnéticos puede extenderse la duración de las pilas. El apilamiento de los pulsos magnéticos solo sirve para reducir la duración de las pilas. Por desgracia, el incremento de los tiempos de los pulsos magnéticos puede afectar negativamente al control del DP. Esto es cierto aun cuando se pueda configurar directamente el controlador del filtro Kalman de DP para hacer uso de unas tasas de actualización de mediciones largas. Ello tiende a provocar un uso de la propulsión más elevado en cuanto el sistema de DP detecta más tarde unas desviaciones y tiene que aplicar unos ajustes mayores en la propulsión. Cualquier cambio en las fuerzas medioambientales o pequeñas incongruencias en el modelo del buque del sistema de DP resultan exacerbados por un tiempo largo de los pulsos magnéticos. Existe, así mismo, la posibilidad de que se produzcan efectos distorsionantes debido a que unos largos periodos de medición de la posición producirán un ruido incrementado en las posiciones de la medición.

La integración de un INS en el sistema de posicionamiento hidroacústico puede posibilitar que sean introducidos largos tiempos de los pulsos magnéticos mediante la utilización del INS para su relleno entre los pulsos magnéticos.

Con el fin de investigar los beneficios de esta propuesta, se han llevado a cabo una serie de pruebas sobre dos pequeños buques utilizando un sistema de posicionamiento hidroacústico, combinado con un sensor inercial PHINS (siendo ambos productos suministrados por IXSEA de la Avenue Auguste Rendor, 55, 78160 Marly le Roi, Francia). Las pruebas se llevaron a cabo en el modo de línea de base ultracorta (USBL) a una profundidad del agua de 15 m en la costa de Brest (Francia) y a una profundidad del agua de 1000 m en la costa de La Ciotat (Francia). En aguas profundas, el tiempo más corto del ciclo del pulso magnético, sin apilamiento de los pulsos magnéticos, fue de 3 s; por consiguiente, los datos fueron recogidos a esa velocidad. Tanto los datos acústicos en bruto como las posiciones corregidas con el PHINS fueron registrados. Una señal adicional fue generada por el PHINS utilizando unas mediciones acústicas muestreadas cada 21 s y no cada 3 s.

Aunque no fue posible instalar un sistema de DP en el buque a la escala de tiempos de las pruebas, los resultados han sido post-procesados utilizando una simulación del sistema de DP para estimar el comportamiento de un buque controlado por un sistema de DP bajo las mismas condiciones. Los errores medidos mediante las pruebas del INS fueron aplicados en la simulación y en las comparaciones efectuadas entre las actualizaciones de las señales acústicas en bruto a 21 s y la acústica más el INS.

La Figura 2 muestra una comparación de los errores de la posición del buque durante las ejecuciones de la simulación. Muestra que el mantenimiento de la posición ha sido mejorada de manera considerable mediante la utilización de las correcciones del INS. La desviación estándar de los errores del eje X para la acústica solo es de 6,8 m mientras que la utilización del INS reduce estos errores a 3,4 m.

Una mejora aún mayor se consigue en las demandas de propulsión a partir del sistema de DP para el mismo escenario. La Figura 3 compara las demandas de empuje con y sin las correcciones del INS. Muestra que el uso de los propulsores se reduce drásticamente cuando el INS se rellena entre los pulsos magnéticos. Esta reducción de la variación de las exigencias de empuje significa una menor fatiga mecánica, un menor desgaste y un mantenimiento reducido. Otra consecuencia es la reducción del ruido en el agua generado por los propulsores, lo que significa una mejor detección acústica derivada de una mejora de la relación señal - ruido, proporcionando no solo un posicionamiento acústico más preciso y seguro, sino permitiendo también operaciones en aguas más profundas.

Una ilustración adicional se obtiene mediante la comparación del consumo de combustible en el curso del DP. Mediante la estimación de la potencia propulsora P a partir del empuje T utilizando la relación aproximada: $P \propto T^{1.5}$, puede estimarse el consumo relativo de combustible. La Figura 4 muestra la evolución del consumo relativo de combustible calculado de esta manera. Revela que el INS puede reducir el consumo de combustible en un factor de cinco o más.

El INS y los sistemas de navegación por satélite

El uso del INS con los sistemas de navegación por satélite (tanto del GPS como del DGPS), proporciona los siguientes beneficios: la detección de fallos del GPS, la supresión de "saltos" erróneos, evitación de interrupciones

temporales del servicio, exigencia reducida de empuje lo que implica un consumo menor de combustible en el funcionamiento de régimen.

Un episodio que habitualmente aparece en la utilización del GPS y del DGPS es un salto en la estimación de la posición. Esto puede ocurrir cuando la constelación de satélites visibles cambia, o bien como resultado de la salida o de la puestade los satélites, o debido a la interposición de objetos cercanos. Objetos típicos de lo último incluyen el paso por debajo de un puente o la aproximación de una plataforma. Estos saltos a menudo son desdeñables, pero algunas veces resultan trascendentes. Por ejemplo, la Figura 5 muestra un salto corto de aproximadamente 3 m y una interrupción del servicio corta de aproximadamente 15 s, lo que se produjo en aguas abiertas en el Mar del Norte. La intensidad de un salto depende de la situación operativa del buque. Bajo la mayoría de las condiciones un salto de 3 m no es problemático. En el caso de una aproximación estrecha a una plataforma o a otro buque, sin embargo, incluso pequeños saltos pueden ser "incómodos". El sistema de DP incluye unos algoritmos para la detección de errores, que incluye la detección de ruido, saltos y deriva. Aunque estos algoritmos pueden ser ultramodernos a su modo, las formas más fiables de la detección de errores se basan en la comparación de dos, tres, o más PME. El INS, dado que no está basado en un modelo sino en unas mediciones de aceleración reales, no solo actúa como filtro sobre las mediciones del DGPS, sino que también rechaza datos durante saltos a corto plazo, y produce unos rellenos en interrupciones cortas del servicio.

El uso de un INS de alta calidad en combinación con un receptor del DGPS reduce el nivel de ruido de alta frecuencia sobre la posición medida. Esto tiene el efecto de reducir el ruido sobre las exigencias de empuje, de la misma manera que el INS reducía el ruido de la acústica analizado con anterioridad. En el caso del receptor del DGPS, el efecto es menos drástico, dado que el ruido es inicialmente menor. Esta reducción del ruido no es la misma que la producida por el filtrado: el filtrado introduce un retardo de fase suplementario en el sistema de control, mientras que el INS está potenciando la precisión de las mediciones de la posición sin introducir un retardo.

Las pruebas marítimas que se han llevado a cabo en un buque de 7000 t utilizando un sistema de DP suministrado por Converteam UK Ltd. de Boughton Road, Rugby, Warwickshire CV21 1BU, Reino Unido y un receptor de DGPS combinado con un sensor inercial PHINS. Para parte de la prueba, el buque fue mantenido en una posición constante bajo el control del sistema de DP con el receptor de DGPS como único PME, seguido por un periodo con la combinación del receptor de DGPS y del sensor inercial PHINS como único PME. La Figura 6 muestra las exigencias de empuje para los ejes X y Y durante los dos periodos de funcionamiento. Hay un ruido apreciablemente menor para la combinación del receptor de DGPS y el INS.

Con el fin de comparar el consumo de combustible esperado con y sin las correcciones del INS, fueron utilizadas las exigencias de empuje para estimar un consumo relativo de combustible utilizando la relación $P \propto T^{1.5}$, como antes. Los resultados de la estimación, para los periodos de 10 min de la prueba se muestran en la Figura 7. El sistema sin el INS utiliza un 40% más de combustible que la combinación del receptor del DGPS y del INS.

La utilidad de un INS durante una interrupción del servicio de otro PME depende de su deriva. Esta deriva es una función de la cualidad de la unidad de medición inercial (IMU), de la calibración y de la corrección. La precisión a corto plazo de un INS deriva de la precisión de sus acelerómetros, mientras que la precisión a un plazo más largo deriva de la precisión giroscópica. La posición se define mediante la doble integración de los acelerómetros, de manera que la posición experimenta derivas de acuerdo con el cuadrado del tiempo y la estabilidad de los acelerómetros.

Con anterioridad, los datos de interrupción del servicio fueron obtenidos para una unidad de INS fija (Paturel, Y. "PHINS, sensor todo en uno para aplicaciones de DP" ["PHINS, an all-in-one sensor for DP applications"], MTS Dynamic Positioning Conference, 28 a 30 de Septiembre de 2004, Houston, Estados Unidos de América). Sin embargo, se apreciará sin dificultad que sobre un buque de transporte por mar el INS nunca estará fijo. Una serie de pruebas fueron, por consiguiente, llevadas a cabo utilizando un receptor de GPS y un INS en constante movimiento oscilatorio simulando condiciones meteorológicas adversas. En el caso de las pruebas, la entrada del GPS al INS fue retirada a intervalos periódicos y las posiciones del INS y del GPS fueron comparadas a lo largo de un periodo de "interrupción del servicio": los resultados típicos de estas pruebas se muestran en las Figuras 8 y 9. La Figura 8 muestra la evolución de la deriva del INS a lo largo del tiempo durante unas interrupciones del servicio de 120 s y de 300 s. Los resultados presentan una comparación favorable con respecto a las investigaciones previas de los sistemas fijos.

La Figura 9 muestra la distribución de los errores después de 120 s y después de 300 s. La distribución de los errores de deriva muestra la configuración de la distribución de Rayleigh, la cual es característica de los procedimientos constituidos a partir de la suma de los cuadrados de las fuentes distribuidas gaussianas -- porque la distancia de deriva es la suma de los cuadrados de las desviaciones en las direcciones Norte y Este.

Para hacerse una idea de las derivadas relativas de un buque sin ningún PME y uno que utiliza solo el INS, es posible estimar la fuerza requerida para desplazar un buque separado de la estación en la misma cantidad observada que la deriva del INS. Tomando el peor de los supuestos a partir de la Figura 8, la distancia recorrida s 20

m después del tiempo $t = 300$ s, la aceleración constante equivalente a puede ser calculada a partir de $a = 2 st^2 = 4,9 \times 10^{-4} \text{ m / s}^2$. Para un buque de suministro típico de desplazamiento de $V = 4000$ t, la fuerza F requerida para conseguir esta aceleración hubiera sido de $F = Va = 2,0$ kN. Esto es menos de aproximadamente un 1% del probable empuje a bordo, lo que permite suponer que, bajo condiciones moderadas, un buque sin PME es probable que experimente una deriva con mayor rapidez que el INS. Así mismo, la deriva del INS se basa en mediciones físicas reales de las aceleraciones, no en un modelo que resultaría distorsionado en el caso de condiciones no teóricas como condiciones meteorológicas adversas con grandes olas, o de ruptura de cables o de un cable eléctrico para servicio de un equipo que estaría unido a la plataforma.

Debe destacarse que los intervalos entre las pruebas presentadas en la Figura 8 -- esto es, los periodos durante los cuales el GPS estuvo de nuevo disponible -- fueron de entre 30 s y 300 s sin diferencia apreciable entre los dos. Esto permite suponer que la autoalineación del sensor inercial PHINS es excelente, y que el intervalo entre interrupciones del servicio es improbable que constituya un problema en situaciones prácticas.

Arquitectura conocida del sistema de DP

Debido a su dependencia continua de las mediciones de la posición para estimar los errores de los acelerómetros, no es posible tratar un solo INS como una unidad de PME independiente. Siempre será dependiente de una o más de las otras unidades de PME. Por lo tanto, para mantener la independencia entre las unidades de PME, la práctica general es que una unidad de INS esté firmemente acoplada con una sola unidad de PME, por ejemplo un sistema de posicionamiento hidroacústico.

La Figura 10 muestra un ejemplo de una arquitectura típica de un sistema de DP. El sistema de DP recibe datos procedentes de una pluralidad de unidades de PME -- en este caso de dos sistemas de navegación por satélite denominados GPS1 y GPS2, un sistema de posicionamiento hidroacústico denominado Acústica1 -- y una unidad de INS. Los datos suministrados por las unidades de PME y por la unidad de INS representarán normalmente mediciones de la posición, pero pueden también representar, por ejemplo, mediciones de la aceleración o mediciones de la velocidad. Informaciones adicionales, como por ejemplo indicadores de estado, indicadores de la calidad de los datos e informaciones estadísticas pueden, así mismo, ser incluidas en los datos que son suministrados por las unidades de PME y por la unidad de INS.

La unidad de INS recibe datos procedentes de un segundo sistema de posicionamiento hidroacústico denominado Acústica2 y el sistema de DP trata la combinación del segundo sistema de posicionamiento hidroacústico y de la unidad de INS como una sola entrada (esto es, como una unidad de un solo PME). Los datos procedentes del segundo sistema de posicionamiento hidroacústico se utilizan para corregir la deriva de la unidad de INS.

En esta configuración es importante la información sea transmitida hasta el sistema de DP relativa a la calidad de la combinación del segundo sistema de posicionamiento hidroacústico y de la unidad de INS. Por ejemplo, el DP debe ser advertido acerca de si la unidad de INS pierde los datos procedentes del segundo sistema de posicionamiento hidroacústico.

Se apreciará sin dificultad que uno de los dos sistemas de navegación por satélite GPS1 y GPS2 puede también ser combinado de la misma manera con un INS. En otras palabras, la unidad de INS podría recibir datos procedentes de un receptor del GPS para corregir la deriva de la unidad de INS.

Una arquitectura alternativa se muestra en la Figura 11. En esta arquitectura el sistema de DP recibe datos procedentes de una pluralidad de unidades de PME -- en este caso, procedentes de dos sistemas de navegación por satélite denominados GPS1 y GPS2, de dos sistemas de posicionamiento hidroacústico denominados Acústica1 y Acústica2 -- y de una unidad de INS. La unidad de INS puede recibir datos procedentes de todas las unidades de PME. Sin embargo, es importante que la unidad de INS utilice los datos suministrados por solo una de las unidades de PME en cualquier momento para mantener su independencia respecto de las demás. La arquitectura alternativa mostrada en la Figura 11 ofrece la ventaja principal de la flexibilidad con respecto al operador. El operador tiene la capacidad de elegir entre dos posibles configuraciones, dependiendo de su aplicación. Por ejemplo, si se requiere una acústica el operador puede elegir una configuración en la que la unidad de INS reciba datos procedentes de uno de los sistemas de posicionamiento hidroacústico. En otro caso, el operador puede elegir una configuración en la que la unidad de INS reciba datos procedentes de uno de los sistemas de navegación por satélite. Los datos procedentes de la unidad de PME serán utilizados para corregir la deriva de la unidad de INS.

Los indicadores de estado enviados al sistema de DP deben incluir la suficiente información con destino al sistema de DP para determinar la configuración de las unidades de PME y de la unidad de INS. En particular, el sistema de DP debe ser capaz de asegurar que la concreta unidad de PME utilizada en los cálculos del INS no es utilizada por el filtro Kalman para deducir las estimaciones de la posición del buque. Por ejemplo, si la unidad de INS está configurada para recibir mediciones de la posición procedentes del segundo sistema de posicionamiento hidroacústico (Acústica2), entonces el sistema de DP no utilizará ninguna medición de la posición suministrada

directamente por el segundo sistema de posicionamiento hidroacústico para deducir las estimaciones de la posición del buque. El sistema de DP puede, sin embargo, utilizar cualquier información adicional que sea suministrada directamente por el segundo sistema de posicionamiento hidroacústico. Cualquier medición de la posición suministrada por la unidad de INS será, por supuesto, utilizada por el sistema de DP para deducir las estimaciones de la posición del buque.

La arquitectura alternativa de la Figura 11 es ya factible con el equipamiento existente porque el sensor inercial PHINS incluye múltiples puertos de entrada.

Sumario de la Invención

La presente invención proporciona una arquitectura mejorada que comprende:

un sistema de navegación inercial; y
 un sistema de posicionamiento dinámico para un buque que incorpora un medio para la combinación de los datos suministrados por al menos uno entre una pluralidad de equipamientos de medición de la posición y los datos suministrados por el sistema de navegación inercial para deducir una estimación de la posición o de la velocidad del buque;
 un conjunto de conmutadores; y
 un controlador del conjunto de conmutadores;
 en la que el conjunto de conmutadores puede ser accionado bajo el control del controlador del conjunto de conmutadores para suministrar los datos suministrados por al menos uno de los equipamientos entre la pluralidad de equipamientos de medición de la posición al sistema de navegación inercial a los fines de corrección de la deriva.

La integración de un sistema de navegación inercial (INS) y de un sistema de posicionamiento dinámico (DP) proporciona determinadas ventajas técnicas de acuerdo con lo expuesto con anterioridad. La arquitectura mejorada hace posible que la deriva del INS sea corregida mediante la provisión de actualizaciones periódicas procedentes de uno o más entre una pluralidad de equipamientos de medición de la posición (PME). A diferencia de las arquitecturas anteriores, la selección de qué PME combinar con el INS, se lleva a cabo de manera automática mediante el conjunto de conmutadores bajo el control del controlador del conjunto de controladores para potenciar al máximo el sistema global de DP.

Cualesquiera datos que no sean utilizados por el INS a los fines de la corrección de la deriva, pueden ser utilizados por el sistema de DP para deducir la estimación de la posición del buque.

La arquitectura es apropiada para su uso con una amplia gama de PME incluyendo *inter alia* los sistemas de posicionamiento hidroacústicos que proporcionan unos datos de la posición de la Unidad Básica Larga (LBL) y / o los datos de la posición de la Línea de Base Ultralarga (USBL) o gamas respecto de posiciones conocidas o estimadas, sistemas de navegación por satélite que proporcionan datos de la posición del GPS o del GPS diferencial (DGPS), sistemas basados en rayos láser, sistemas basados en radio, sistemas basados en el radar, sistemas mecánicos (alambre tenso) o un registro que proporcione datos de la velocidad, como un registro electromagnético o un Registro de la Velocidad Doppler (DVL). Los DVLs actúan mediante la medición del desplazamiento Doppler de señales acústicas de alta frecuencia reflejados ya sea por el lecho marino (conocido como "bloqueo del fondo") para deducir la velocidad del buque con respecto al lecho marino; o a partir de las partículas existentes en el agua situadas por debajo de la quilla (conocido como "bloqueo del agua") para deducir la velocidad del buque con respecto al agua circundante.

Los datos suministrados por la pluralidad de PME y del INS representarán normalmente mediciones de la posición, pero pueden, así mismo, representar mediciones de la aceleración o mediciones de la velocidad, por ejemplo. En el caso de que el INS sea una unidad de medición inercial (IMU) -- la cual es normalmente un sistema de medición de nivel bajo que puede ser incorporado dentro de un INS -- entonces los datos normalmente representarían mediciones de la aceleración. En el caso de que el PME sea un DVL, entonces los datos representarían normalmente mediciones de la velocidad. La información adicional como por ejemplo los indicadores de estado, los indicadores de la calidad de los datos, y la información estadística, pueden, así mismo, ser incluidas en los datos que son suministrados por la pluralidad de los PME y por el INS.

Los datos pueden ser transmitidos a lo largo de líneas de comunicación, típicamente alambres o cables, que se extiendan entre los componentes de la arquitectura.

El controlador del conjunto de conmutadores puede utilizar los datos suministrados por la pluralidad de PME (y opcionalmente, así mismo, la estimación de la posición y de la velocidad del buque proporcionada por el sistema de PME y / o por el INS) para accionar de manera automática el conjunto de conmutadores con el fin de seleccionar los datos suministrados por uno o más entre la pluralidad de PME y suministrarlos al INS para corregir la deriva. El controlador del conjunto de conmutadores emplea de modo preferente una selección lógica para determinar, en tiempo real, cual de los PME debe ser combinado con el INS y que otro PME debe ser utilizado con el sistema de

DP. La lógica de selección utiliza los datos suministrados por la pluralidad de PME (y opcionalmente, así mismo, la estimación de la velocidad y de la posición del buque proporcionadas por el sistema de DP y / o por el INS) para efectuar esta determinación, la cual puede ser dirigida mediante cualquier criterio apropiado dependiendo de los condicionamientos operacionales del sistema de DP. Por ejemplo, el controlador del conjunto de conmutadores puede accionar el conjunto de conmutadores de tal manera que el PME que suministra la mejor calidad de datos sea combinado con el INS. Los datos procedentes del PME seleccionado son a continuación suministrados al INS para corregir la deriva, mientras que los datos procedentes de los restantes PME, junto con los datos procedentes del INS, son utilizados por el sistema de DP para deducir una estimación de la posición del buque. Si un PME diferente comienza posteriormente a suministrar los datos de mejor calidad, entonces el controlador del conjunto de conmutadores accionará el conjunto de conmutadores de tal manera que este PME sea combinado con el INS. El controlador del conjunto de conmutadores, por consiguiente, actúa para potenciar al máximo de forma dinámica el funcionamiento del sistema de DP.

El funcionamiento del controlador del conjunto de conmutadores puede ser limitado para que el conjunto de conmutadores seleccione solo entre los PME del mismo tipo o entre los PME que proporcionan el mismo tipo de datos (por ejemplo los datos de la posición o los datos de la velocidad), por ejemplo. Si el controlador del conjunto de conmutadores no está condicionado, entonces el conjunto de conmutadores será típicamente capaz de seleccionar entre cualquier PME disponible.

Este será normalmente el caso en el que solo un PME haya de ser combinado con el INS, de tal manera que los datos suministrados por los PME restantes puedan ser utilizados por el sistema de DP para deducir la estimación de la posición del buque. Sin embargo en la práctica no hay razón por la que dos o más PME no puedan ser combinados con el INS de tal manera que los datos suministrados por aquellos PME sean utilizados para corregir la deriva. En la situación en la que el INS recibe los datos procedentes de dos o más PME, entonces el INS puede ser configurado para elegir cuales son los datos que desea utilizar para corregir la deriva. Como alternativa, los datos procedentes de los dos o más PME pueden ser combinados antes de ser utilizados por el INS (por ejemplo, utilizando un filtro Kalman u otro algoritmo).

El controlador del conjunto de conmutadores puede, así mismo, accionar el conjunto de conmutadores de acuerdo con un comando del operador. En otras palabras, el funcionamiento del conjunto de conmutadores puede ser controlado directamente por un controlador para combinar uno o más PME con el INS. En este caso, la potenciación máxima dinámica del funcionamiento del sistema de DP es anulada por el comando del operador. El operador puede ser un operador personal o un sistema de control externo, por ejemplo.

El conjunto de conmutadores y el controlador del conjunto de conmutadores pueden ser incorporados como parte del sistema de DP o del INS. Como alternativa, el conjunto de conmutadores y el controlador del conjunto de conmutadores se disponen como una unidad de conmutación independiente que está integrada con el sistema del DP y con el INS.

Puede disponerse más de un INS. En este caso, un conjunto de conmutadores puede disponerse para cada INS. Cada conjunto de conmutadores podría ser accionado bajo el control de un controlador del conjunto de conmutadores para suministrar los datos suministrados por uno o más de la pluralidad de equipos de medición de la posición a su asociado INS a los fines de la corrección de la deriva. Por ejemplo, en una arquitectura con un par de PME (por ejemplo dos sistemas de posicionamiento hidroacústico) y un segundo par de PME (por ejemplo dos sistemas de navegación por satélite), entonces un primer conjunto de conmutadores sería accionado para suministrar los datos procedentes de uno o ambos del primer par de PME a un primer INS y un segundo conjunto de conmutadores pueden ser accionados para suministrar datos desde uno o ambos del segundo par del PME a un segundo INS. Cualesquiera datos que no sean utilizados por el primero o el segundo INS para corregir la deriva pueden ser utilizados por el sistema de DP para deducir la estimación de la posición del buque.

Los conjuntos de conmutadores asociados con el primero y segundo INS pueden ser controlados mediante un único controlador integrado del conjunto de conmutadores. Como alternativa, cada conjunto de conmutadores puede tener su propio controlador del conjunto de conmutadores.

El o cada INS puede ser incorporado como parte del sistema de DP.

El medio para la combinación de los datos puede tener un filtro Kalman o algún otro algoritmo apropiado.

Dibujos

La Figura 1 es un diagrama de seis ejes de movimiento de un buque;
la Figura 2 es un gráfico que muestra unas desviaciones simuladas de la posición para la acústica con / sin la inserción de INS;
la Figura 3 es un gráfico que muestra las exigencias de empuje para la acústica con / sin la inserción del INS;

la Figura 4 es un gráfico que muestra el consumo de combustible relativo estimado para la acústica con / sin la inserción del INS;

la Figura 5 es un gráfico que muestra los saltos del DGPS en aguas abiertas;

la Figura 6 es un gráfico que muestra las exigencias de empuje para el DGPS con / sin el INS;

la Figura 7 es un gráfico que muestra el consumo de combustible relativo estimado para el DGPS con / sin el INS;

la Figura 8 es un gráfico que muestra la evolución de la deriva del INS durante unas interrupciones del servicio de 120 s y de 300 s;

la Figura 9 es un gráfico que muestra la distribución de frecuencias de la deriva del INS después de las interrupciones del servicio de 120 s y de 300 s;

la Figura 10 es un diagrama de bloques de una primera arquitectura conocida para un sistema de DP que utiliza el INS;

la Figura 11 es un diagrama de bloques de una segunda arquitectura conocida para el sistema de DP que utiliza el INS;

la Figura 12 es un diagrama de bloques de una arquitectura mejorada para un sistema de DP de acuerdo con la primera invención;

la Figura 13 es un diagrama de bloques de una arquitectura mejorada para un sistema de DP de acuerdo con la presente invención que muestra una unidad de medición inercial (IMU).

A continuación se expondrá una arquitectura mejorada para un sistema de DP 1 con referencia a las Figuras 12 y 13.

Un sistema de DP 1 incluye un filtro Kalman 2 para combinar los datos para estimar la posición y el rumbo del buque y dinámicamente controlarlos. La salida del filtro Kalman 2 es suministrado a una unidad de control 4 del buque que genera de salida una señal hacia los propulsores (no mostrados) para provocar que acerquen la posición del buque hasta una posición de referencia deseada.

Los datos son suministrados por una pluralidad de unidades de equipamiento de medición de la posición (no mostradas) situadas sobre el buque. Dos unidades de PME son del mismo tipo (por ejemplo, sistemas de navegación por satélite que utilizan el DGPS) y los datos que suministran son designados como PME1 (tipo 1) y PME2 (tipo 1) otras dos unidades de PME son, así mismo, del mismo tipo (por ejemplo sistemas de posicionamiento hidroacústico) y los datos que suministran son designados como PME3 (tipo 2) y PME4 (tipo 2).

Una unidad 6 del sistema de navegación inercial está integrada con el sistema de DP. La unidad 6 del INS puede proporcionar información acerca de la posición del buque pero debido a la deriva natural requiere unas actualizaciones periódicas procedentes de la unidad de PME. La arquitectura puede posibilitar que la unidad de INS 6 sea sustituida por una unidad de medición (IMU) básica la cual genere de salida unas mediciones en bruto de la aceleración hacia el filtro Kalman 2 más que unas mediciones de la posición. Debe apreciarse sin dificultad que el filtro Kalman 2 puede ser oportunamente adaptado para aceptar dichas mediciones de la aceleración.

Los datos suministrados por cada una de las unidades de PME son suministrados a un controlador 8 del conjunto de conmutadores y al conjunto de conmutadores 10. Cada conmutador individual del conjunto puede ser accionado bajo el control del controlador 8 del conjunto de conmutadores para proporcionar los datos procedentes de cada una de las unidades de PME ya sea al filtro Kalman 2 o a la unidad de INS 6. El resultado es que cualesquiera datos que se suministren al INS 6 con la finalidad de corregir la deriva son excluidos de la estimación de la posición del buque que es llevada a cabo por el filtro Kalman 2.

Sin embargo, en determinados casos los conmutadores del conjunto de conmutadores 10 pueden ser configurados para proporcionar una tercera opción, la cual consiste en impedir que los datos suministrados por la unidad de PME asociada sean suministrados ya sea al filtro Kalman 2 o a la unidad de INS 6.

Los datos suministrados por la unidad de INS 6 son proporcionados al filtro Kalman 2 y suministrados en la estimación de la posición del buque.

En términos generales, los datos suministrados por las unidades de PME y por la unidad de INS 6 representarán normalmente mediciones de la posición, pero pueden, así mismo, representar mediciones de la aceleración o mediciones de la velocidad, por ejemplo. Información adicional, como por ejemplo indicadores de estado, indicadores de la calidad de los datos e informaciones estadísticas, puede, así mismo, ser incluida en los datos que son suministrados por las unidades de PME y por la unidad de INS 6. La información adicional puede ser utilizada por el filtro Kalman 2, por el controlador 8 del conjunto de conmutadores y por la unidad de INS 6. Por ejemplo, el filtro Kalman 2 puede utilizar la información adicional junto con cualquier medición de la posición, la aceleración o la velocidad, al deducir una estimación de la posición del buque. El controlador 8 del conjunto de conmutadores puede utilizar la información adicional para controlar el funcionamiento del conjunto de conmutadores 10.

La Figura 12 muestra la situación en la que los datos indicados como PME 4 (tipo 2) son suministrados a la unidad de INS 6 para corregir la deriva, representados por la línea continua extendida entre el conmutador inferior del conjunto de conmutadores 10 y la unidad de INS. Los datos designados como PME1 (tipo 1), PME2 (tipo 1) y PME3 (tipo 2) son suministrados al filtro Kalman 2, representados por las líneas continuas que se extienden entre los tres conmutadores superiores del conjunto de conmutadores 10 y el filtro Kalman.

El hecho de que los datos designados como PME4 (tipo 2) no sean suministrados al filtro Kalman se representa mediante la línea de puntos que se extiende entre el conmutador inferior del conjunto de conmutadores 10 y el filtro Kalman. De modo similar, el hecho de que los datos designados como PME1 (tipo 1), PME2 (tipo 1) y PME3 (tipo 2) no sean suministrados a la unidad de INS 6 se representa mediante la línea de puntos que se extiende entre los tres conmutadores superiores del conjunto de conmutadores 10 y la unidad de INS 6.

La principal diferencia entre la arquitectura de la Figura 12 y las arquitecturas conocidas de las Figuras 10 y 11 es la capacidad para potenciar al máximo de manera dinámica el funcionamiento del sistema de DP1 mediante la combinación, en tiempo real, de una o más de las unidades de PME con la unidad de INS 6. Por ejemplo, el controlador 8 del conjunto de conmutadores puede utilizar los datos suministrados por las unidades de PME para elegir de manera automática entre las unidades de PME un tipo concreto, quizás mediante la selección de la unidad de PME de ese tipo con la calidad de datos mejor o peor dependiendo de las exigencias operativas deseadas del sistema de DP1. El controlador 8 del conjunto de conmutadores, puede, así mismo, elegir entre unidades de PME de diferentes tipos.

La lógica de la selección empleada por el controlador 8 del conjunto de conmutadores puede utilizar una salida del filtro Kalman 2 así como los datos suministrados por las unidades de PME. Por ejemplo, las estimaciones de la posición del buque proporcionadas por el filtro Kalman 2 podrían ser de utilidad en la determinación de las condiciones averiadas de las unidades de PME. La lógica de la selección puede, así mismo, utilizar informaciones estadísticas suministradas por el filtro Kalman 2 sobre el buque o los datos suministrados por las unidades de PME.

En determinadas situaciones, el conjunto de conmutadores 10 puede ser controlado directamente por un operador para combinar una o más unidades de PME con la unidad de INS 6. En otras palabras, la potenciación al máximo automática del sistema de DP1 y la conmutación dinámica del conjunto de conmutadores 10 bajo el control automático del controlador 8 del conjunto de conmutadores puede ser anulada.

Si los datos procedentes de más de una unidad de PME son suministrados a la unidad de INS *vía* el conjunto de conmutadores 8, entonces los datos pueden ser combinados utilizando un filtro Kalman (no mostrado) u otro algoritmo apropiado antes de ser utilizados por la unidad de INS para corregir la deriva.

La Figura 13 muestra la unidad de INS 6 con mayor detalle. Más concretamente, puede apreciarse que la unidad de INS 6 incluye una IMU 12 y una unidad de corrección de deriva 14. Los datos suministrados por una o más de las unidades de PME *vía* el conjunto de conmutadores 10 se proporciona a la unidad de conexión de deriva 14. La unidad de corrección de deriva 14 recibe, así mismo, los datos de la aceleración procedentes de la IMU 12 y suministra los datos corregidos al filtro Kalman 2, los cuales son, a continuación, utilizados en la estimación de la posición del buque que es llevada a cabo por el filtro Kalman.

Aunque la unidad de corrección de deriva 14 se muestra incorporada en la unidad de INS 6, debe apreciarse sin dificultad que podría, así mismo, ser incorporada en el sistema de DP 1.

La arquitectura mejorada de las Figuras 12 y 13 ofrece una pluralidad de beneficios adicionales:

- (i) El sistema de DP puede impedir de manera automática que se transmitan mediciones de la posición desvariadas a la unidad de INS mediante la comparación de múltiples posiciones de PME,
- (ii) una robustez añadida,
- (iii) una precisión mejorada de la posición,
- (iv) un consumo reducido de combustible,
- (v) una reducción del desgaste de los accionadores (por ejemplo propulsores, timones y otros aplicadores de fuerza, como por ejemplo motores de reacción),
- (vi) un menor ruido en el agua en el caso de que se utilicen sistemas de posicionamiento hidroacústicos.

La arquitectura mejorada puede ser implementada utilizando un sensor inercial PHINS y una unidad de INS 6 independiente.

REIVINDICACIONES

1. Una arquitectura que comprende:
 - 5 un sistema de navegación inercial (6); y
 - un sistema de posicionamiento dinámico (1) para un buque que incorpora un medio para la combinación de unos datos suministrados por al menos uno de una pluralidad de equipamientos de medición de la posición y de unos datos suministrados por el sistema de navegación inercial (6) para deducir una estimación de la posición o de la velocidad del buque;
 - 10 un conjunto de conmutadores (10); y
 - un controlador (8) del conjunto de conmutadores;
 - en la que el conjunto de conmutadores (10) puede ser accionado bajo el control del controlador (8) del conjunto de conmutadores para suministrar los datos suministrados por al menos uno entre la pluralidad de equipamientos de medición de la posición al sistema de navegación inercial (6) a los fines de la corrección de la deriva.
- 15 2. Arquitectura de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el controlador (8) del conjunto de conmutadores utiliza unos datos suministrados por la pluralidad de equipamientos de medición de la posición para accionar de manera automática el conjunto de conmutadores (10).
- 20 3. Arquitectura de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el controlador (8) del conjunto de conmutadores utiliza también la estimación de la posición o la velocidad del buque deducida por el medio para la combinación de los datos y / o los datos suministrados por el sistema de navegación inercial para accionar de manera automática el conjunto de conmutadores (10).
- 25 4. Arquitectura de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el controlador (8) del conjunto de conmutadores, acciona el conjunto de conmutadores (10) de acuerdo con un comando de operador.
- 30 5. Arquitectura de acuerdo con una cualquier reivindicación precedente, en la que el conjunto de conmutadores (10) y el controlador (8) del conjunto de conmutadores son incorporados como parte del sistema de posicionamiento dinámico (1).
- 35 6. Arquitectura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el conjunto de conmutadores y el controlador del conjunto de conmutadores se incorporan como parte del sistema de navegación inercial.
7. Arquitectura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el conjunto de conmutadores y el controlador del conjunto de conmutadores son parte de una unidad de conmutación independiente.
- 40 8. Arquitectura de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que el sistema de navegación inercial (6) se incorpora como parte del sistema de posicionamiento dinámico (1).
9. Arquitectura de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que el medio para combinar los datos es un filtro Kalman (2).

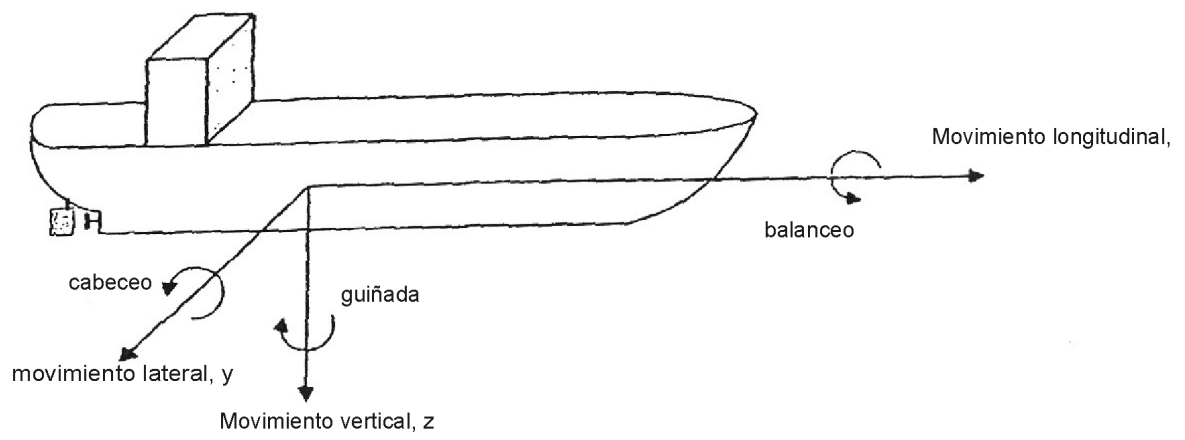


Figura 1

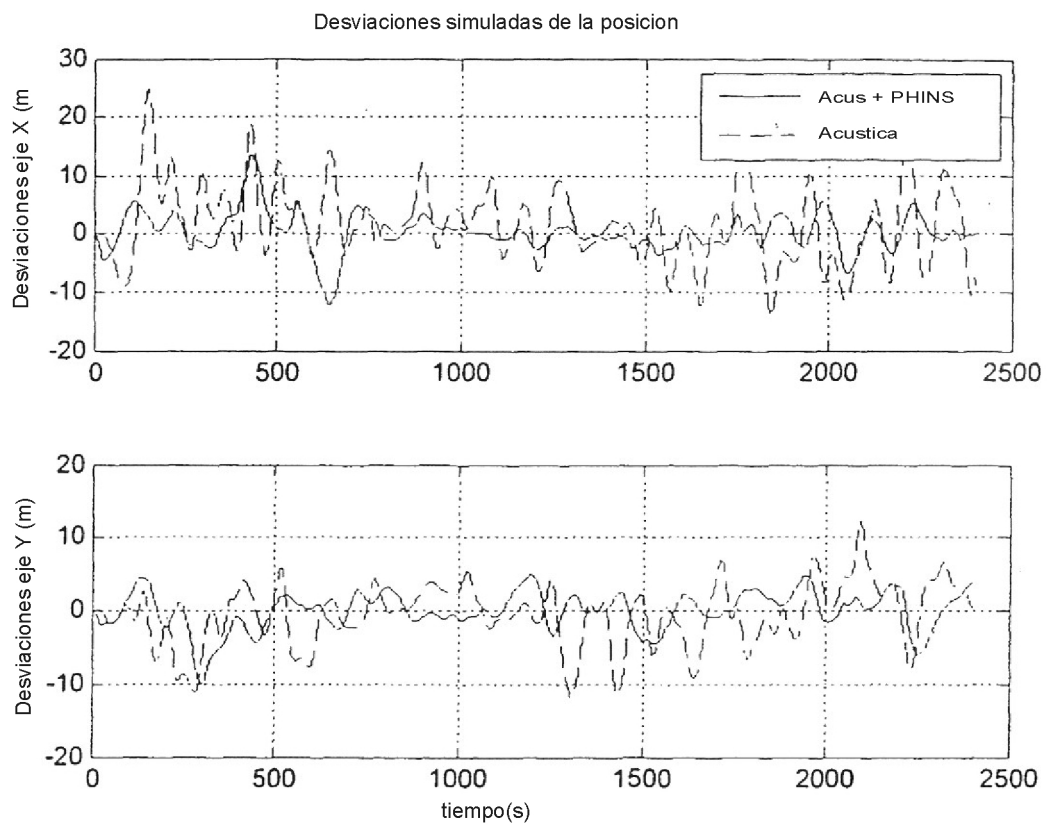


Figura 2

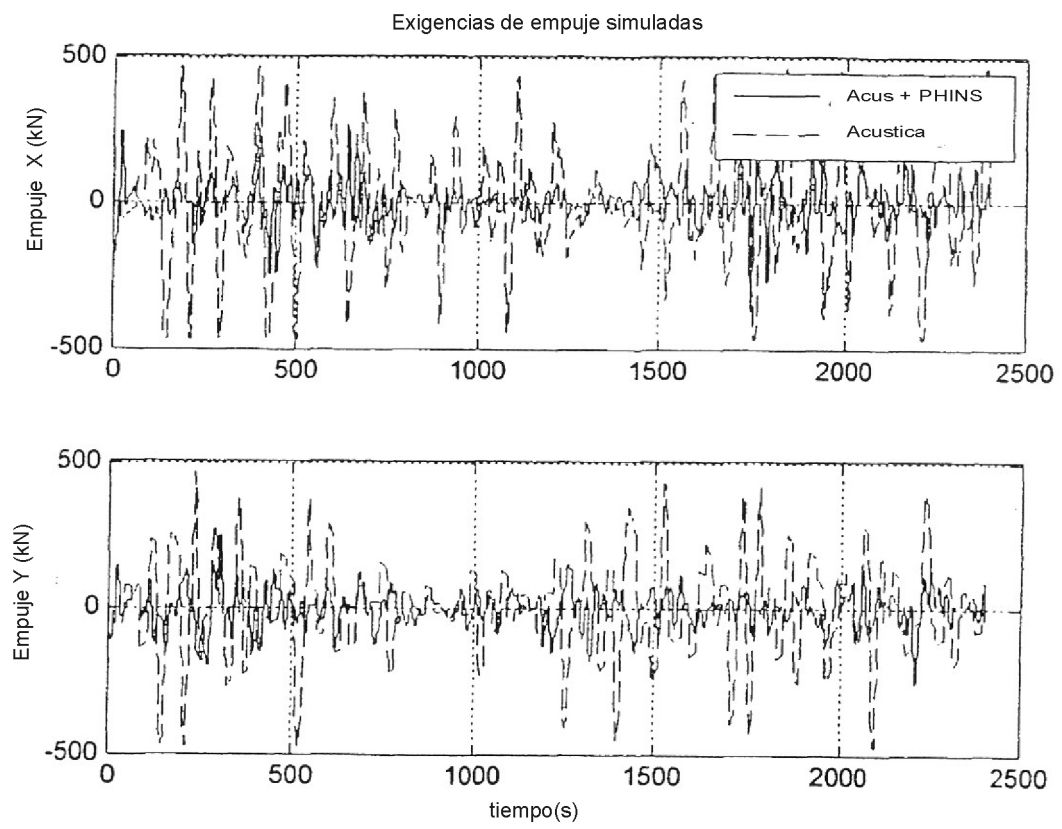


Figura 3

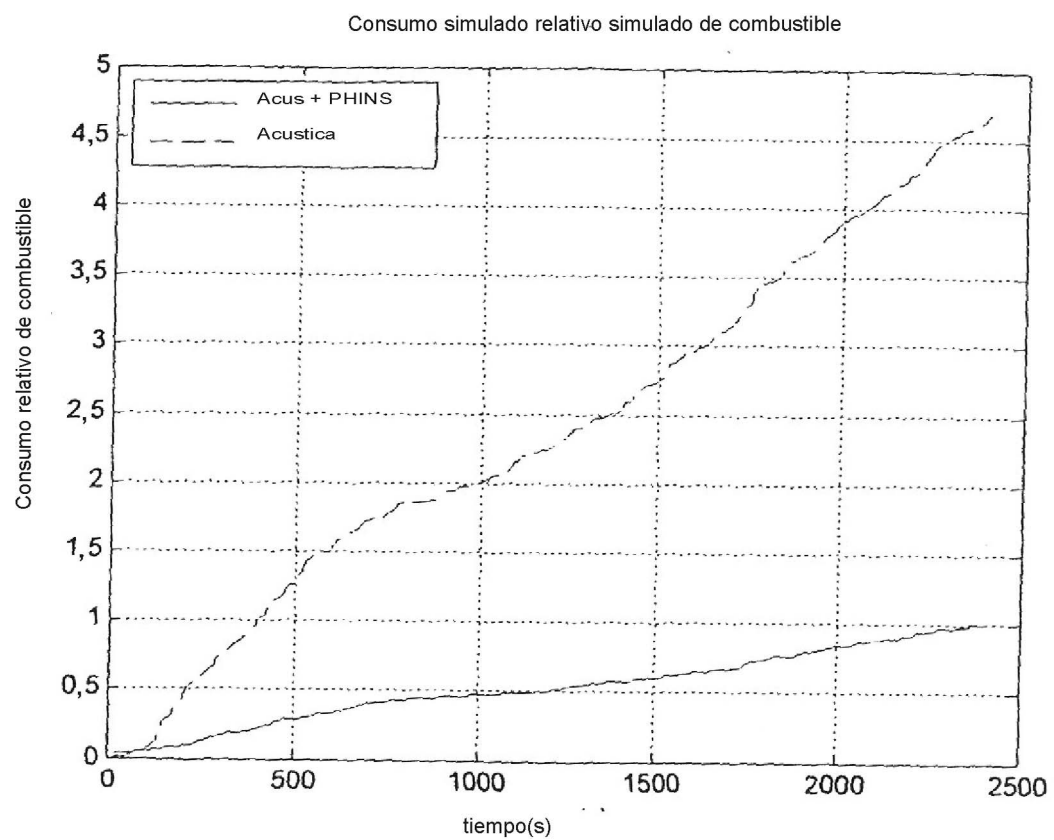


Figura 4

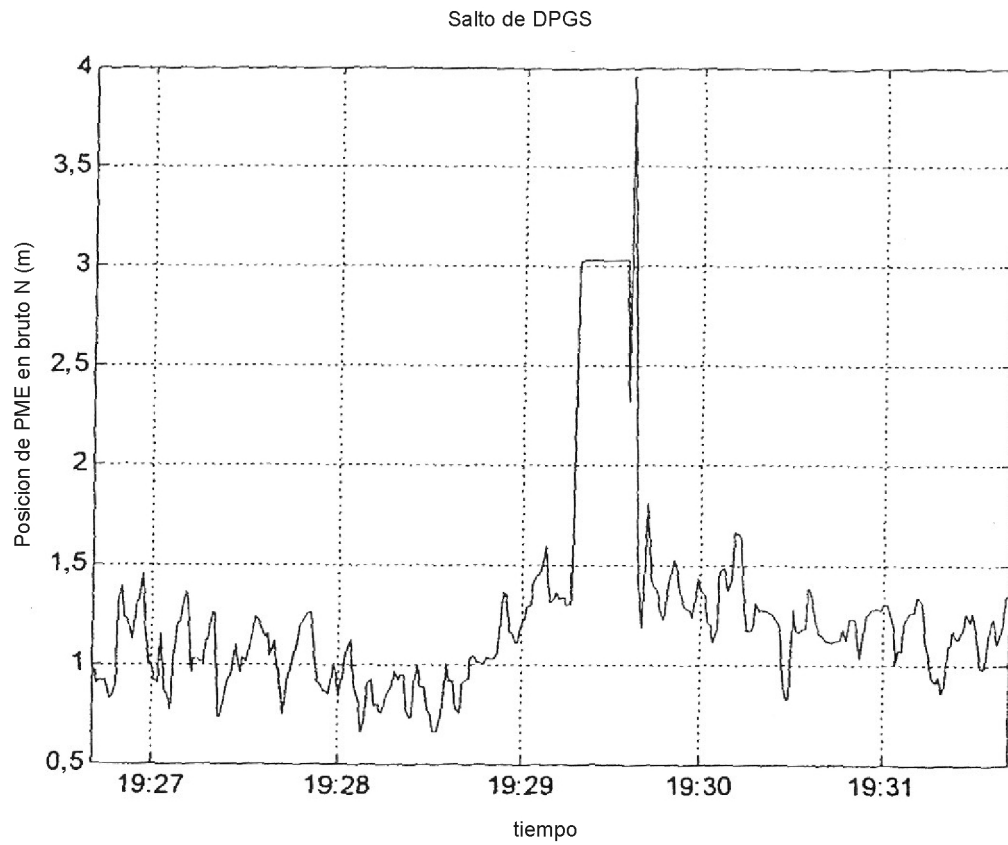


Figura 5

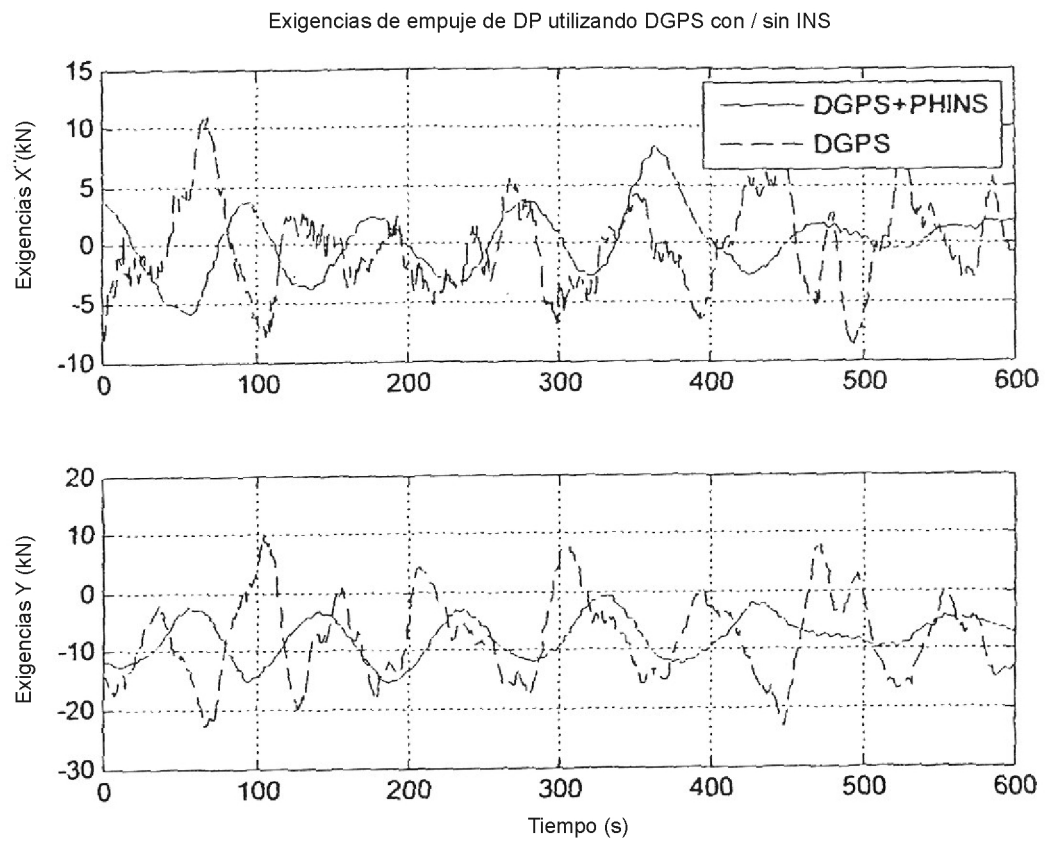


Figura 6

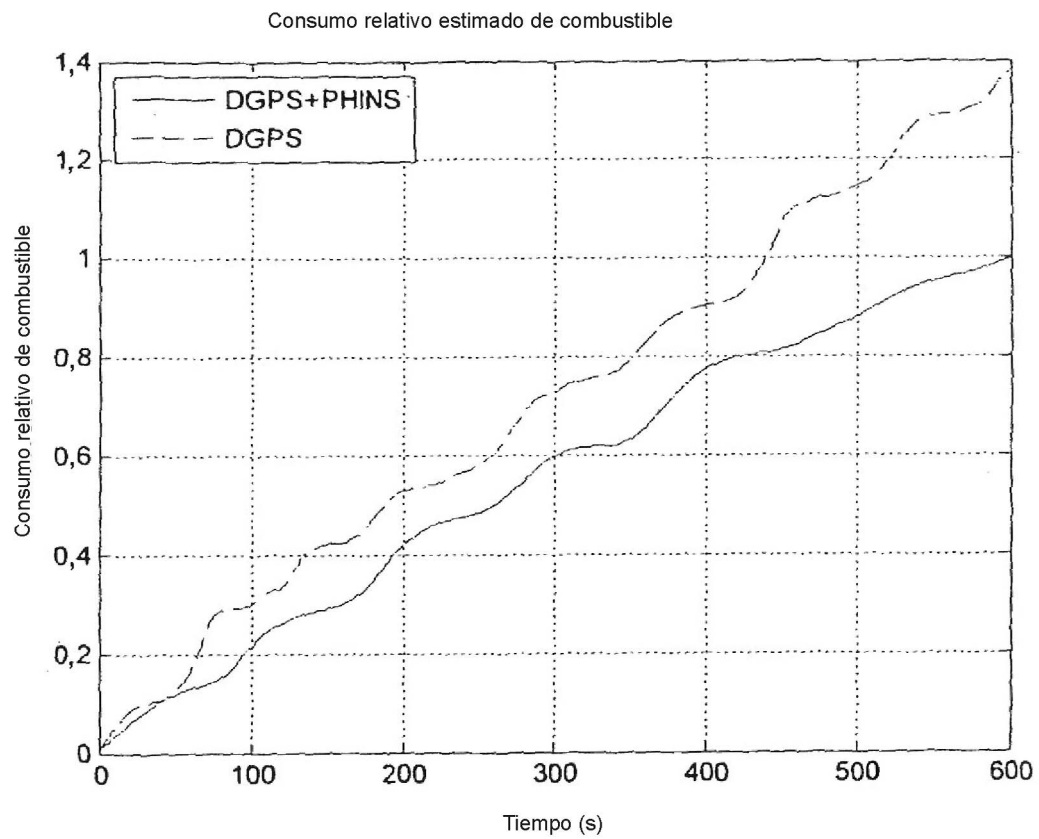


Figura 7

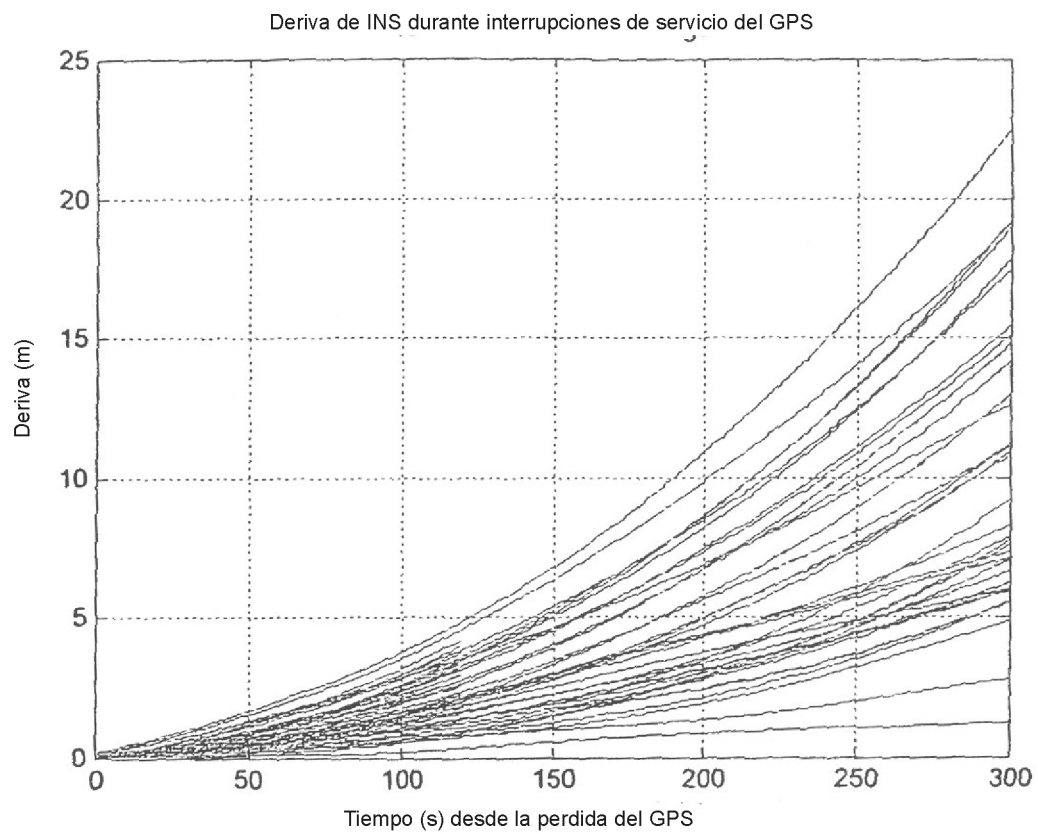


Figura 8

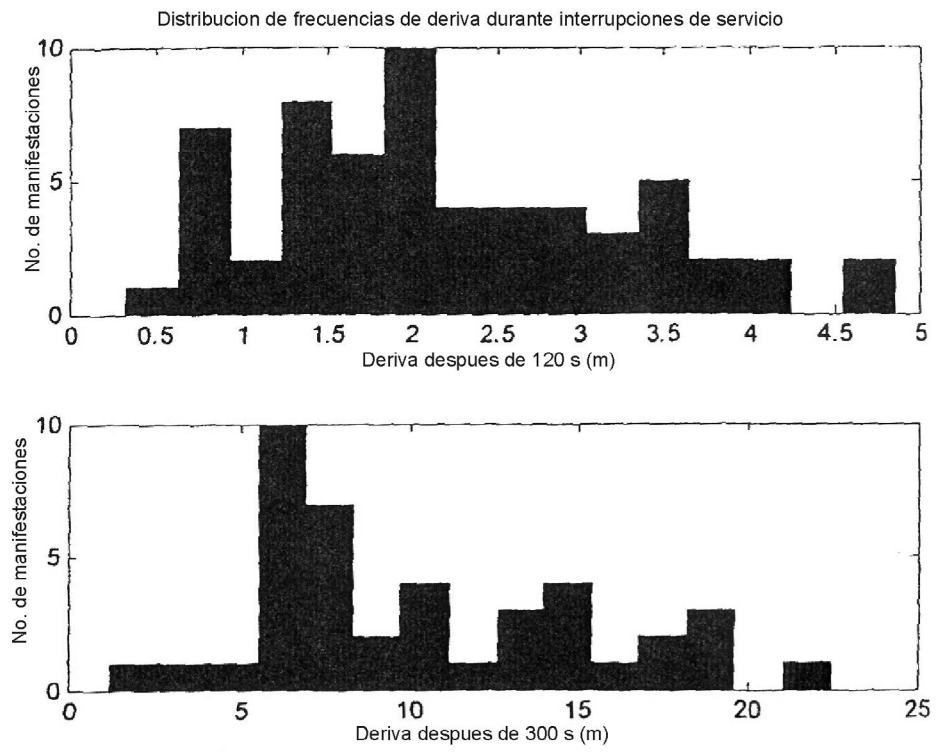


Figura 9

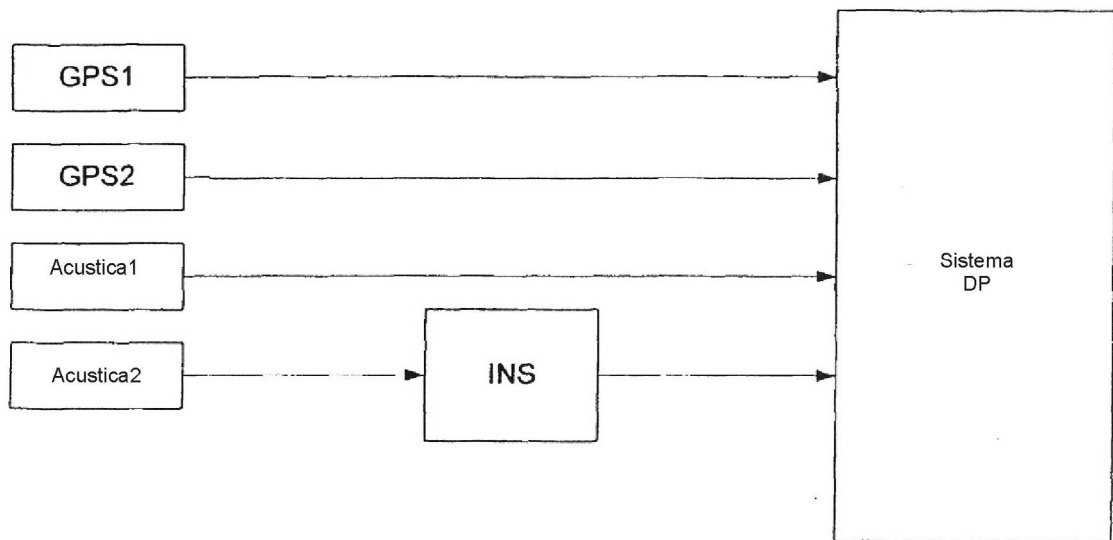


Figura 10
TECNICA ANTERIOR

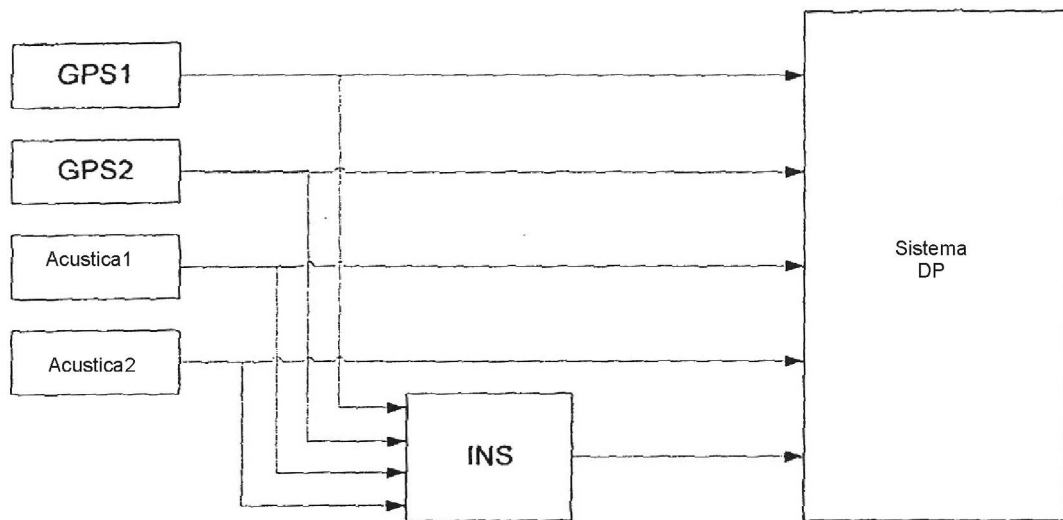


Figura 10

TECNICA ANTERIOR

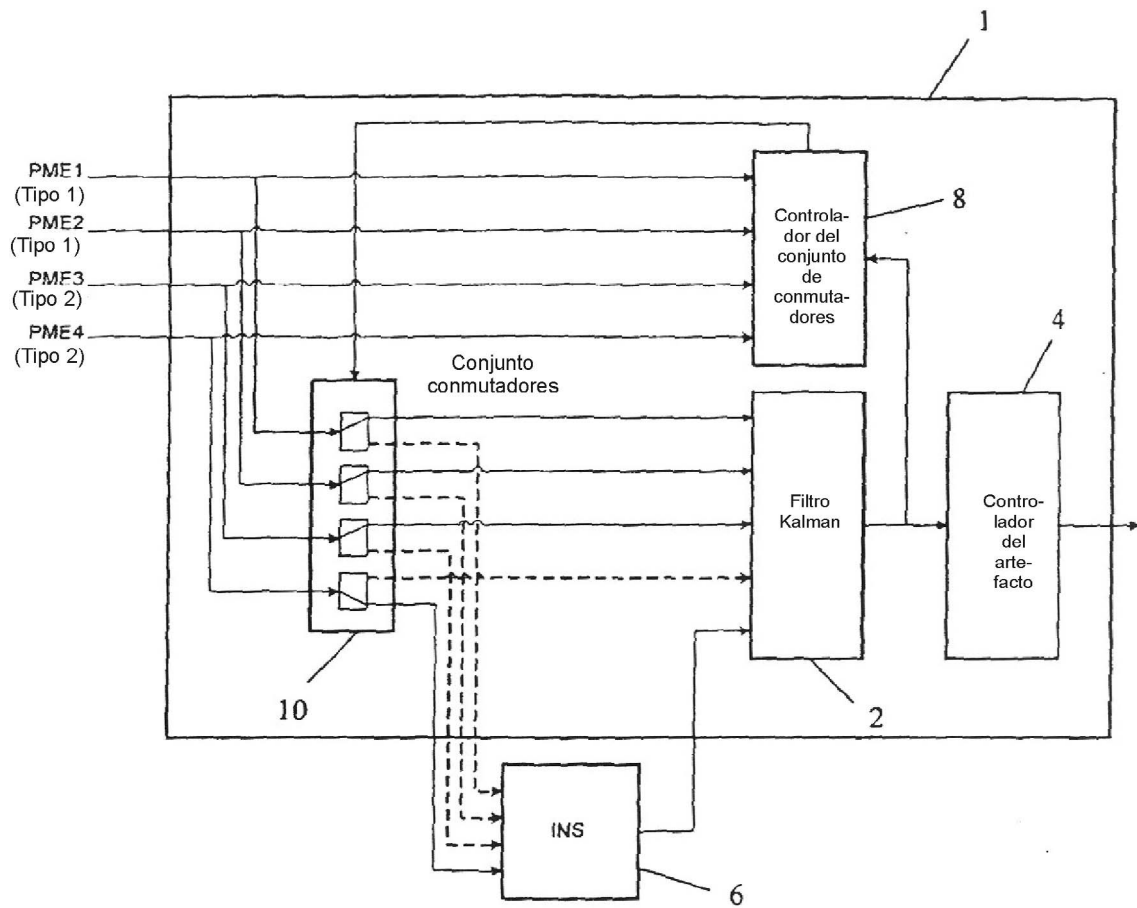


Figura 12

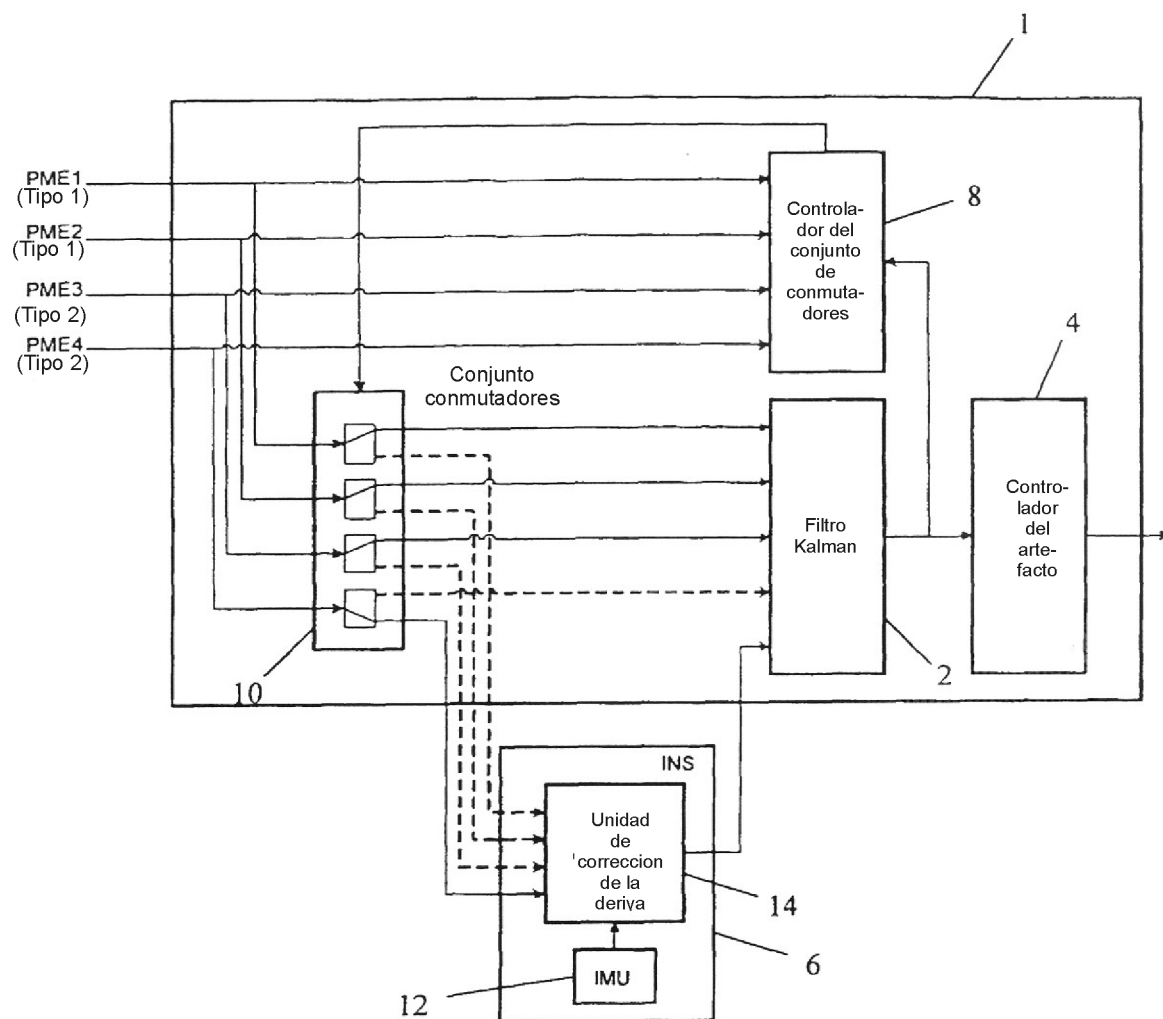


Figura 13