

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 105**

51 Int. Cl.:

G01C 21/16 (2006.01)
A01B 69/00 (2006.01)
G05D 1/02 (2006.01)
G01C 21/00 (2006.01)
A01B 79/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2004 E 04101658 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2012 EP 1475609**

54 Título: **Sistema de compensación de GPS / INS de un vehículo terrestre**

30 Prioridad:

09.05.2003 US 435068
09.05.2003 US 435067

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.03.2013

73 Titular/es:

DEERE & COMPANY (100.0%)
ONE JOHN DEERE PLACE
MOLINE, ILLINOIS 61265-8098, US

72 Inventor/es:

REKOW, ANDREW KARL WILHELM;
NELSON, FREDERICK WILLIAM;
MERCER, DAVID SCOTT;
PICKETT, TERENCE DANIEL y
JONES, JENNIFER LOUISE

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 398 105 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de compensación de GPS / INS de un vehículo terrestre

5 El invento se refiere a un sistema de navegación según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 8.

10 Un inconveniente de los sistemas de navegación basados en el Sistema Posicionador Global (en lo que sigue GPS) que se emplean en vehículos agrícolas consiste en que el receptor de GPS de semejantes sistemas sólo puede determinar la posición de la antena de GPS. En la mayoría de los vehículos terrestres el lugar de instalación de la antena está limitado por la exigencia de que a la antena le esté posibilitada una vista libre hacia el cielo, y por lo tanto hacia el satélite del GPS. Esta posición desafortunadamente por regla general no es el punto de referencia deseado (por ejemplo el acoplamiento de un tractor, el eje de un vehículo terrestre, un punto en el suelo por debajo del acoplamiento de un tractor o similares). Por tal motivo la posición y dirección de marcha del vehículo terrestre determinada por medio del GPS puede ser incorrecta, cuando se atraviesa un terreno accidentado (como terreno con inclinación, elevaciones, valles y similares), lo que puede tener por consecuencia surcos recorridos repetidas veces o errores de dirección.

15 Para calcular la posición del punto de referencia deseado, debe realizarse una medición exacta de la orientación espacial (alineación) del vehículo terrestre con respecto al sistema de coordenadas en el cual se navega. Una preparación para la medición de la orientación del vehículo terrestre (véase el documento EP 0 845 198 A) consiste en fijar varias antenas para el GPS en el vehículo en una disposición conocida fija. Cuando se realizan mediciones precisas con el GPS, las posiciones relativas de las antenas, como se miden en un ciclo de exploración del sistema de navegación, pueden emplearse para el cálculo de la orientación (posición, alineación y dirección de marcha) del vehículo terrestre en conjunto. Un sistema de navegación que siga esta preparación requeriría varios receptores de GPS y sería por eso excesivamente costoso.

20 Alternativamente podría emplearse un sistema de inercia en combinación con el GPS (véase el documento US 6 445 983 B). En esta preparación el sistema de inercia determina la información primaria de posición y dirección para guiar o conducir el vehículo terrestre. La información proporcionada por el GPS se emplea luego para corregir la deriva de la información de posición y dirección determinada por el sistema de inercia. Los sistemas de inercia comprenden giroscopios para medir el ángulo de balanceo, guiñada e inclinación y pueden presentar también acelerómetros para mejorar la exactitud de la información medida por los giroscopios.

30 Semejantes sistemas de inercia tienen que trabajar relativamente exactos y por tal motivo para muchas aplicaciones son, como los sistemas con varias antenas, demasiado caros.

35 Ha sido además propuesto (documentos US 5 987 371 A, US 6 345 231 B), en caso de vehículos terrestres determinar la posición de un punto de referencia con ayuda de la posición de la antena de GPS y de una matriz de conversión, en la cual ingresan la inclinación lateral del vehículo y/o la inclinación del vehículo en la dirección de marcha y la orientación del vehículo en el plano horizontal sobre un eje de giro vertical (ángulo de guiñada). Las tres magnitudes citadas son medidas por sensores apropiados, por ejemplo una brújula para el ángulo de guiñada e inclinómetros para las inclinaciones. Si se debe efectuar una conducción automática, se determina el ángulo de conducción con ayuda de las desviaciones del punto de referencia y de la alineación del vehículo de un recorrido teórico. Aquí se somete a la otra evaluación sólo la información de la antena de GPS, mientras que la información de dirección se deriva de las señales de los sensores.

40 En otro sistema de navegación (documento US 6 236 916 B) se determina la posición y dirección de un vehículo terrestre por medio de la antena del GPS. El ángulo de inclinación lateral (ángulo de cabeceo) es registrado por un sensor y se emplea para la corrección de la posición registrada por medio de la antena del GPS. Existe también un sensor separado para la dirección de marcha, cuyas señales son alimentadas al dispositivo de conducción automática, para posibilitar una conducción estable. Aquí la información de posición y dirección de la antena del GPS es corregida por el ángulo de cabeceo medido. La determinación de dirección por las señales del GPS funciona sólo cuando el vehículo se mueve.

45 El documento US 5 928 309 A1 describe un sistema de navegación y guiado para un vehículo terrestre, que comprende una antena de GPS y varios sensores locales en forma de brújulas giroscópicas para el registro de la dirección de marcha, un radar Doppler para la medición de la velocidad y un acelerómetro para el registro de la aceleración lateral del vehículo. La señal de posición es generada primero por el radar Doppler y por medio de la altura y dirección de marcha registradas por las brújulas giroscópicas. La antena de GPS proporciona las señales de posición, que con ayuda de la información de dirección registrada localmente son convertidas en posiciones absolutas de un punto de referencia.

En el documento US 5 416 712 A se describe un sistema de determinación de posición, en el cual los datos de dirección de una antena de GPS y de un giroscopio son introducidos en un filtro de Kalman y mezclados unos con otros, para mejorar la exactitud de los datos de dirección.

55 El problema que sirve de base al invento se ve en proporcionar un sistema de navegación en el cual mediante un sistema de inercia se posibilite una mejora de la información de navegación, como posición, dirección y distancia de surcos, proporcionada por un receptor para un sistema de determinación de posición global, para evitar errores que son causados

por un cambio de la orientación del vehículo terrestre (es decir, cabeceo y guiñadas) sobre terreno accidentado, y que sin embargo no haga necesaria la total exactitud de los giroscopios y acelerómetros de los sistemas de inercia convencionales.

5 Este problema es solucionado según el invento por las enseñanzas de las reivindicaciones 1 y 8, estando indicadas en las otras reivindicaciones particularidades que de manera ventajosa perfeccionan la solución.

10 Un sistema de navegación para un vehículo terrestre, en particular un vehículo terrestre agrícola, como un tractor, una cosechadora, pulverizadora, recolectora de algodón o similares comprende un sistema de compensación del sistema de referencia, que realiza una compensación de la información que es obtenida por un sistema de determinación de posición global, como posición, dirección, distancia de surcos y similares, para compensar errores que son causados por cambios de la orientación del vehículo terrestre sobre terreno accidentado.

15 El sistema de compensación del sistema de referencia está conectado con un receptor del sistema de determinación de posición global, que recibe una señal de posición del sistema de posición global (por regla general asociado a un satélite) y a partir de ella deriva informaciones de navegación que incluyen la posición (por ejemplo longitud y ancho) y la dirección del vehículo terrestre. La información de dirección puede ser deducida con ayuda del efecto Doppler de las señales recibidas o de la comparación de dos posiciones fijadas consecutivas. El sistema de compensación del sistema de referencia sustituye la posición y dirección fijadas por el receptor del sistema de determinación de posición por una posición corregida y una dirección corregida, que están corregidas con ayuda de valores de medida de un giroscopio para el registro de la guiñada y de un acelerómetro para el registro del ángulo de cabeceo en lo que se refiere al ángulo de guiñada y al ángulo de cabeceo del vehículo, para proporcionar información de navegación corregida para un punto de referencia del vehículo terrestre, que puede servir para la navegación o para la conducción automática del vehículo terrestre.

25 En esto se tiene en cuenta una distancia de desplazamiento lateral entre la posición determinada con el sistema de determinación de posición global y la posición actual de un punto de referencia o de control deseado para el vehículo terrestre. La distancia de desplazamiento lateral se calcula por medio de una aceleración lateral medida y de una distancia causada por la aceleración centrífuga, siendo determinada la distancia causada por aceleración centrífuga por medio de cambios en la posición del vehículo terrestre con respecto a la dirección del vehículo terrestre.

El sistema de compensación del sistema de referencia puede además determinar la inclinación del terreno accidentado. La inclinación puede ser empleada para determinar el ancho de surcos efectivo de un equipo de trabajo unido con el vehículo terrestre (por ejemplo arrastrado por él o fijado a él).

30 En los dibujos está representado un ejemplo de realización del invento descrito en detalle a continuación. Muestra:

La Figura 1 un diagrama de bloques aproximativo de un sistema de navegación según el invento,

la Figura 2 un diagrama de bloques detallado de un sistema de navegación según el invento, que se basa en un receptor para un sistema de determinación de posición global y coopera con un sistema de compensación del sistema de referencia,

35 la Figura 3 una vista lateral de un vehículo terrestre, que atraviesa terreno accidentado y emplea un sistema de navegación según el invento,

la Figura 4 una vista frontal del vehículo terrestre mostrado en la Figura 3, en la cual además se ilustra el efecto del ángulo de cabeceo del vehículo terrestre sobre su posición,

40 la Figura 5 una vista en planta del vehículo terrestre de la Figura 3, en la cual además se muestra el efecto del ángulo de guiñada del vehículo terrestre sobre su dirección de marcha,

la Figura 6 un diagrama de bloques, en el cual se muestra el sistema de compensación del sistema de referencia del sistema de navegación mostrado en la Figura 2,

45 la Figura 7 una vista en planta del vehículo terrestre de la Figura 3, en la cual se muestra el efecto de la inclinación del terreno recorrido por el vehículo terrestre sobre el ancho de trabajo efectivo de un equipo de trabajo arrastrado por el vehículo terrestre,

la Figura 8 una vista esquemática, en la cual además se representa la relación entre el ancho de trabajo efectivo del vehículo terrestre o del equipo de trabajo arrastrado por él y la inclinación del terreno por el que pasa el vehículo terrestre, y

50 la Figura 9 un diagrama de flujo, en el cual está representado un procedimiento para la mejora de informaciones de posición y dirección, que se basan en el sistema de determinación de posición global y son empleadas por un sistema de navegación en un vehículo terrestre, siendo la información de

posición y dirección del sistema de referencia compensada en cuanto al ángulo de cabeceo y al ángulo de balanceo cuando el vehículo terrestre atraviesa terreno accidentado.

Las Figuras 1 y 2 ilustran un ejemplo para un sistema de navegación 100 según el invento, que está basado en un sistema de determinación de posición global. El sistema de navegación 100 proporciona una navegación y/o conducción que se basan en el sistema de determinación de posición global para un vehículo terrestre 116 (véase la Figura 3), en particular para un vehículo terrestre agrícola, como un tractor, una cosechadora, pulverizadora, recolectora de algodón, recogedora picadora o similares, cuando el vehículo terrestre 116 recorre o atraviesa un camino o un surco sobre un campo. El sistema de navegación 100 puede emplear una compensación del sistema de referencia, para corregir en cuanto a errores parámetros de navegación como posición (es decir, longitud y ancho) y dirección proporcionados por el sistema de determinación de posición, que son causados por cambios de la orientación del vehículo terrestre 116 (es decir, cabeceo y guiñadas del vehículo terrestre 116), cuando éste pasa por terreno accidentado. El sistema de navegación 100 también puede estar dispuesto para determinar la distancia de surcos efectiva del vehículo terrestre 116 o de un equipo de trabajo arrastrado por él, estableciendo la inclinación del terreno por el que pasa el vehículo terrestre.

En la forma de realización representada en la Figura 1 el sistema de navegación 100 comprende un receptor 102 del sistema de determinación de posición y un sistema de control de navegación 104, que están conectados entre sí por una arquitectura de bus 106. El receptor 102 del sistema de determinación de posición recibe señales de posición del sistema de determinación de posición global y genera información de navegación basada en el sistema de determinación de posición incluso de la posición (es decir, longitud y ancho), dirección, velocidad, tiempo y similares, para el empleo por el sistema de control de navegación 104 y otros componentes del sistema de navegación 100. En ejemplos de realización el receptor 102 del sistema de determinación de posición recibe señales de posición del Sistema Posicionador Global (GPS), un sistema de radionavegación de base espacial que es puesto en servicio por las Fuerzas Aéreas de los EE.UU para el Gobierno de los Estados Unidos de América. Debe notarse sin embargo que el receptor 102 del sistema de determinación de posición podría estar adaptado alternativa o adicionalmente para el empleo con otros sistemas de navegación o sistemas de determinación de posición globales basados en la radio, como el sistema de satélites de navegación Glonass puesto en servicio por la Organización Espacial rusa para la Federación rusa o el futuro sistema europeo Galileo. En formas de realización del invento el receptor 102 del sistema de determinación de posición también puede estar dispuesto para recibir y emplear informaciones de posición mejoradas, que son proporcionadas por sistemas de determinación de posición globales diferenciales y sistemas de determinación de posición globales diferenciales de gran superficie (GPS diferencial de área ancha, WADGPS), como el sistema WDGPS Starfire desarrollado por Deere & Company de Moline, Illinois, EEUU, o el Sistema de Aumentación de Área Ancha (WAAS) proporcionado por la Administración Aeronáutica Federal del Gobierno de los EE.UU, o similares. En formas de realización semejantes el receptor 102 del sistema de determinación de posición puede comprender un radioreceptor para recibir información de corrección de errores diferencial o estar conectado con éste.

El sistema de control de navegación 104 emplea la información de navegación proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición para proporcionar al operador del vehículo terrestre 116 información de navegación o de guía. Adicionalmente el sistema de control de navegación 104 emplea la información para mandar dispositivos de mando de conducción 108, que conducen el vehículo terrestre 116 a lo largo de un trayecto deseado o de un surco deseado, en caso de que sea aplicada una conducción automática. A manera de ejemplo, el sistema de navegación 104 podría estar dispuesto en formas de realización del invento empleadas en agricultura (en las cuales el sistema de navegación 104 es empleado por ejemplo en vehículos agrícolas como tractores, cosechadoras, vehículos pulverizadores, recolectoras de algodón o similares), para navegar y opcionalmente conducir el vehículo terrestre 116 sobre un campo a lo largo de caminos o surcos en esencia paralelos, para realizar el cultivo del suelo en el campo, esparcir productos químicos como herbicidas o pesticidas sobre las plantas que crecen en el campo, cosechar las plantas, y similares. Estos surcos tienen preferentemente un ancho (W) que corresponde al ancho del equipo de trabajo 120 movido por el vehículo terrestre 116 y están distanciados de manera que en esencia se desarrollan paralelos y tangenciales unos a otros, para evitar espacios vacíos o solapes en el cultivo del campo.

En formas de realización del sistema de navegación 100 en las cuales está proporcionada una conducción automática, un sensor de ángulo de conducción 110 proporciona al sistema de control de navegación 104 señales de realimentación que transmiten el ángulo actual, que fue mandado por dispositivos de mando de conducción 108, para permitir al sistema de control de navegación 104 ajustar el camino o el surco introducido, siendo comparada la dirección actual ajustada por el sensor de ángulo de conducción 110 con la posición y dirección proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición. En ejemplos de realización también puede estar proporcionado un sensor 112 de reconducción del volante. El sensor 112 de reconducción del volante mide el movimiento del volante del vehículo terrestre 116 por el operador, para posibilitar al operador del vehículo terrestre 116 reconducir manualmente funciones de conducción automática proporcionadas por el sistema de control de navegación 104. De esta manera el operador puede realizar correcciones del rumbo o conducir manualmente el vehículo terrestre 116, para evitar un obstáculo en su camino.

Como se muestra en la Figura 3, el receptor 102 del sistema de determinación de posición del sistema de navegación 100 ilustrado en la Figura 1 comprende una antena 114 para el sistema de determinación de posición global, la cual está fijada en el vehículo terrestre 116 en un punto (P_A), que posibilita una visión libre hacia el cielo y por lo tanto hacia los satélites del sistema de determinación de posición global. El punto (P_A), en el cual está instalada la antena 114, está alejado del

punto de referencia o de control deseado (P_C) del vehículo terrestre 116 y del equipo de trabajo 120 arrastrado (por ejemplo un punto sobre el suelo 118 por debajo del vehículo terrestre 116) en una distancia que en general en el estado de la técnica se denomina brazo de palanca (D_L) y presenta una componente de brazo de palanca en esencia vertical (D_{Lz}) y componentes de brazo de palanca en esencia horizontales (D_{Lx}) y (D_{Ly}). El sistema de navegación 104 representado en la Figura 1 proporciona por lo tanto una navegación y/o conducción de gran exactitud del vehículo terrestre 116 en terreno en esencia llano, puesto que las componentes de brazo de palanca horizontales y verticales D_{Lx} , D_{Ly} , D_{Lz} permanecen constantes unas con relación a otras. Cuando sin embargo se atraviesa terreno accidentado (por ejemplo terreno con una inclinación, elevaciones, valles, surcos, prominencias o similares), cambian las componentes de brazo de palanca horizontales y verticales D_{Lx} , D_{Ly} , D_{Lz} unas con relación a otras, cuando el vehículo terrestre cabecea (se inclina hacia un lado, también denominado balanceo) y da guiñadas (gira en el plano horizontal sobre el eje vertical). Como consecuencia la posición y dirección del vehículo terrestre 116 determinadas por el sistema de determinación de posición global pueden ser incorrectas, lo que tiene por consecuencia errores de surco transversales (D_{OT}) mostrados en La Figura 4 y/o errores de dirección (E_C) mostrados en la Figura 5.

Para compensar estos errores y por lo tanto posibilitar que el vehículo terrestre 116 sea conducido con más exactitud sobre terreno accidentado, el presente invento propone un sistema 122 de compensación del sistema de referencia, que está intercalado entre el receptor 102 del sistema de determinación de posición y el sistema de control de navegación 104, como está representado en la Figura 2. El sistema 122 de compensación del sistema de referencia mide el cabeceo y las guiñadas del vehículo terrestre 116 (véanse las Figuras 3 a 5), para compensar errores en la información de posición y dirección proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición, cuando el vehículo terrestre 116 atraviesa terreno accidentado. En la forma de realización representada en la Figura 2 el sistema 122 de compensación del sistema de referencia comunica con el receptor del sistema de determinación de posición a través de un bus 124 privado (utilizado exclusivamente) asignado. El sistema 122 de compensación del sistema de referencia saca la información de posición (por ejemplo longitud y ancho) y la información de dirección de la información de navegación generada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición y sustituye esta información por información de posición (por ejemplo longitud y ancho) e información de dirección corregida, que está corregida en cuanto a los errores que son provocados por el cabeceo y las guiñadas del vehículo terrestre (por ejemplo causados por inclinaciones laterales, elevaciones, etc.) antes de que las informaciones sean enviadas a través del bus 126 del sistema al sistema de navegación 104. El sistema 104 de compensación del sistema de referencia transmite todas las otras informaciones proporcionadas por el receptor 102 del sistema de determinación de posición (por ejemplo velocidad, tiempo y similares) desde el bus privado 124 sin modificaciones al bus 126 del sistema. Además el sistema 122 de compensación del sistema de referencia puede realizar mediciones de inclinación, que a través del bus 124 del sistema son transmitidas al sistema de navegación 104 con la información de posición y dirección corregida, puesto que la distancia entre recorridos adyacentes para un equipo de trabajo 120 puede variar con la inclinación. De esta manera pueden ser fijados anchos de surco o distancias de trabajo compensados en inclinación para el vehículo terrestre 116 o el equipo de trabajo 120 movido por él.

En formas de realización la información de navegación compensada del sistema de referencia proporcionada por el sistema 122 de compensación del sistema de referencia está en un formato que es idéntico al formato de la información de navegación proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición. Por lo tanto la información de navegación compensada del sistema de referencia incluyendo la información de posición y dirección compensada del sistema de referencia del sistema 122 de compensación del sistema de referencia junto con la información no compensada como velocidad y tiempo y similares, que es proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición y es transmitida al bus 124 del sistema por el receptor 102 del sistema de determinación de posición, es utilizada por el sistema de control de navegación 104 sin modificación o formateado adicional, para proporcionar al operador información de navegación y opcionalmente conducir el vehículo terrestre 116 sin modificación de la información. De esta manera el sistema 122 de compensación del sistema de referencia, sin variación de las componentes existentes del sistema de navegación 100 (como del ensamblaje del receptor 102 del sistema de determinación de posición o del sistema de control de navegación 104), puede agregarse al sistema de navegación 100.

Se hace remisión a la Figura 6, en la cual está representado el sistema 122 de compensación del sistema de referencia del sistema de navegación 100 mostrado en la Figura 2. El sistema 122 de compensación del sistema de referencia comprende un giroscopio (rotor) 128 para la medición del ángulo de guiñada del vehículo terrestre 116 (Figura 3), un aparato 130 de medida de la aceleración (acelerómetro) para la medición del ángulo de cabeceo del vehículo terrestre 116 cuando éste atraviesa terreno accidentado, y un sistema de proceso 132, que está conectado con el giroscopio 128 y con el aparato 130 de medida de la aceleración, para generar la información de posición y dirección para el vehículo terrestre 116. Como está representado en la Figura 6, el sistema de proceso 132 en una forma de realización puede presentar un procesador 134 para realizar los cálculos de posición y dirección, controles de la comunicación con otros componentes del sistema de navegación 100 (véanse las Figuras 1 y 2), realización de diagnóstico de errores y similares, así como memorias, como una EEPROM (memoria programable eléctricamente borrable sólo de lectura) 136, memoria flash 138 y RAM (memoria de acceso aleatorio) 140 para el almacenamiento de software y/o firmware para el sistema de proceso 132 y de parámetros que son empleados por el sistema de proceso 132 para el cálculo de la posición y dirección corregidas.

En formas de realización del invento el giroscopio 128 comprende un rotor, que mide el régimen de guiñada del vehículo terrestre 116. El sistema de proceso 132 emplea el régimen de guiñada medido para determinar una dirección real del

vehículo (es decir, la dirección del rotor), lo que compensa errores en la dirección determinada con el sistema de determinación de posición global, que son causados por guiñadas y cabeceos. La dirección proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición se emplea para limitar la deriva del giroscopio 128. La dirección determinada con el sistema de determinación de posición global puede también ser empleada para calibrar la posición de reposo (desviación) y el factor de escala del giroscopio 128 durante el funcionamiento del sistema 122 de compensación del sistema de referencia. Puesto que la dirección medida con el giroscopio 128 proporciona efectivamente una medición de dirección, como se observa en el punto de giro (por ejemplo del eje trasero de un tractor o similar) del vehículo terrestre 116, la dirección giroscópica es proyectada sobre el punto en el vehículo terrestre 116 en el cual está dispuesta físicamente la antena 114 del receptor 102 del sistema de determinación de posición (por ejemplo el punto (P_A) del vehículo terrestre 116 en la Figura 3), para proporcionar una dirección corregida, que es consistente con la dirección que es retirada de la información de dirección proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición. La dirección corregida es luego alimentada al sistema de control de navegación 104 a través del bus 104 del sistema.

Preferentemente el sistema de proceso 132 del sistema 122 de compensación del sistema de referencia determina la dirección corregida empleando la ecuación:

$$C_C = [G_R/F_{MEAS}] + [(C_{GPS}-C_G) \cdot K_C/CFR] + Pf \quad \text{(Ecuación 1)}$$

siendo C_C la dirección corregida, G_R el régimen de guiñada, F_{MEAS} la frecuencia de medida del régimen de guiñada por el giroscopio 128, C_{GPS} la dirección determinada con ayuda de la información de navegación que fue generada por el receptor (102) del sistema de determinación de posición, C_G la dirección determinada con el giroscopio 128, CFR una variable de resolución de filtro de dirección, K_C un valor de filtro variable con $CFR > K_C >$ un valor mínimo positivo, y Pf el valor que proyecta la dirección corregida de un punto de giro del vehículo terrestre 116 sobre un punto en el cual la antena 114 del receptor 102 del sistema de determinación de posición está instalada en el vehículo terrestre 116.

Como se indica con ayuda de la ecuación 1 con referencia a la Figura 5, la dirección giroscópica C_G toma con el tiempo una prioridad sobre la dirección C_{GPS} medida con el sistema de determinación de posición. Para grandes discrepancias entre la dirección C_{GPS} medida con el GPS y la dirección giroscópica C_G , la variable de filtro K_C se hace igual a la variable de resolución de filtro de dirección CFR, lo que hace la dirección giroscópica C_G , igual a la dirección actual C_{GPS} del sistema de determinación de posición. Según ello el valor de la variable de filtro K_C se reduce con el tiempo a un valor mínimo, lo que da a la dirección giroscópica C_G una prioridad sobre la dirección C_{GPS} del sistema de determinación de posición. La variable de filtro K_C tiene preferentemente un valor mínimo distinto de cero, de manera que al menos una parte de la dirección C_{GPS} del sistema de determinación de posición es tomada como valor de referencia por el sistema 122 de compensación del sistema de referencia en el cálculo de la dirección corregida C_C . Adicionalmente los valores de escala y desviación pueden ser adaptados bajo las condiciones apropiadas, para compensar la deriva del giroscopio 128.

Se hace de nuevo referencia a la Figura 6, según la cual está previsto un aparato 130 de medida de la aceleración para la medición de la aceleración lateral del vehículo terrestre 116. El aparato 130 de medida de la aceleración no mide ninguna aceleración lateral cuando el vehículo terrestre 116 está nivelado (es decir, pasa por terreno en esencia llano). Cuando el vehículo terrestre 116 sin embargo pasa por terreno accidentado, causa una inclinación lateral del aparato 130 de medida de la aceleración debida a un movimiento de cabeceo del vehículo terrestre 116, de manera que el aparato 130 de medida de la aceleración registra como una componente de aceleración positiva o negativa con respecto a la fuerza de gravedad.

El sistema de proceso 132 emplea la aceleración lateral medida por el aparato 130 de medida de la aceleración para calcular una distancia de desplazamiento lateral (D_{OT}) para el vehículo terrestre 116, la cual contiene una evaluación, calculada con ayuda del sistema de referencia del vehículo terrestre 116, de la distancia lateral entre la posición (P_{GPS}) determinada con el sistema de determinación de posición global y la posición actual de un punto de referencia o de control deseado para el vehículo terrestre 116, típicamente de un punto en el suelo proyectado sobre el suelo por debajo de la antena 114 (es decir, el punto (P_C) en las Figuras 3 y 4). La distancia de desplazamiento lateral D_{OT} puede por lo tanto ser determinada como altura del aparato 130 de medida de la aceleración por encima del punto de referencia (P_C) (o alternativamente como altura del sistema 122 de compensación del sistema de referencia por encima del punto de referencia (P_C), en caso de que el sistema 122 de compensación del sistema de referencia comprenda una unidad individual que contenga el aparato 130 de medida de la aceleración, multiplicada por el seno del ángulo de inclinación lateral del vehículo terrestre 116. La distancia de desplazamiento lateral D_{OT} puede entonces ser empleada para corregir la posición (P_{GPS}) determinada con el sistema de determinación de posición global, de manera que se obtiene una posición corregida para el vehículo terrestre 116, que está compensada con respecto al brazo de palanca (D_L) y corresponde mejor a la posición actual del vehículo terrestre 116.

En el cálculo de la posición corregida el sistema de proceso 132 también puede compensar las aceleraciones centrífugas (aceleraciones de alta velocidad) que se presentan en los giros del vehículo terrestre 116. Esta compensación en una forma de realización del invento se obtiene por una comparación dinámica de los cambios de posición del vehículo terrestre 116 con respecto a la dirección del vehículo terrestre 116. Por eso la distancia de desplazamiento lateral D_{OT} puede ser calculada como suma de la distancia debida a la aceleración de inclinación y la distancia debida a la aceleración de alta velocidad, en lo cual la aceleración de inclinación es igual a la aceleración lateral medida por el aparato 130 de medida de la aceleración menos cualquier aceleración radial y la aceleración de cabeceo rápida del vehículo terrestre 116. Sin embargo el seno del ángulo de inclinación del vehículo terrestre 116 es igual a la aceleración lateral (A) determinada

por el aparato 130 de medida de la aceleración dividida por la aceleración de la gravedad (g). Por lo tanto la distancia debida a la aceleración de inclinación es igual a la altura (H_A) del aparato de medida de la aceleración multiplicada por la aceleración lateral (A) medida por el aparato 130 de medida de la aceleración dividida por la aceleración (g) de la gravedad.

- 5 El sistema de proceso 132 puede determinar por lo tanto la distancia de desplazamiento lateral D_{OT} para el vehículo terrestre 116 por medio de la ecuación:

$$D_{OT} = (H_A \cdot A/g) + D_{HSA} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- 10 siendo D_{OT} la distancia de desplazamiento lateral D_{OT} del vehículo terrestre 116, H_A la altura del aparato 130 de medida de la aceleración sobre un punto de referencia o punto de control deseado encima del suelo (por ejemplo el punto (P_C)), A la aceleración lateral, que es determinada con el aparato 130 de medida de la aceleración, g la aceleración de la gravedad, y D_{HSA} la distancia resultante debida a la aceleración centrífuga (rápida) medida, que en ejemplos de realización es medida por comparación dinámica de cambios en la posición del vehículo terrestre 116 con relación a la dirección del vehículo terrestre 116. Preferentemente la distancia de desplazamiento D_{OT} se divide en componentes de longitud y ancho, tan pronto como fue calculada, y se agrega a la posición determinada con el sistema de determinación de posición global, la cual asimismo es medida en longitud y ancho, para proporcionar una posición corregida (es decir, ancho y longitud) para el vehículo terrestre 116.

- 20 En aplicaciones agrícolas, en las cuales el vehículo terrestre 116 está provisto de un equipo de trabajo 120 para echar material como semillas, estiércol, pesticidas, herbicidas o similares sobre la superficie de un campo (por ejemplo el vehículo terrestre 116 arrastra el equipo de trabajo 120 o alternativamente éste está fijado al vehículo terrestre 116) la distancia de surcos adyacentes, a lo largo de los cuales circula el vehículo terrestre, puede variar en función de la pendiente o de la inclinación del terreno, puesto que la fuerza de gravedad arrastra hacia abajo el material echado (por ejemplo a gotas, pulverizado o similares). Si el vehículo terrestre 116 por lo tanto es conducido a lo largo de surcos paralelos sobre terreno no llano, que tiene una inclinación lateral con respecto al equipo de trabajo 120, puede producirse un solape de surcos tangenciales, si el ancho de surco elegido (ancho de trabajo) es demasiado grande. Este solape tiene como consecuencia una aplicación irregular del material esparcido, derroche de material y posiblemente una disminución del rendimiento del campo, si la distancia de surcos no es ajustada adecuadamente.

- 25 En ejemplos de realización del invento la aceleración lateral, que es medida por el aparato 130 de medida de la aceleración, puede también ser empleada por el sistema de proceso 132 para determinar el ángulo de cabeceo del vehículo terrestre 116, por medio del cual puede determinarse la inclinación (S) del terreno por el que pasa el vehículo terrestre 116. La inclinación (S) puede luego ser empleada por el sistema de control de navegación 104 para fijar el ancho de surco o ancho de trabajo efectivo del equipo de trabajo 120. De esta manera pueden determinarse y ajustarse en tiempo real anchos de trabajo y distancias de surcos de inclinación compensada para el equipo de trabajo 120, cuando la inclinación del terreno por el que pasa el equipo de trabajo 120 se eleva o baja.

- 35 Las Figuras 7 y 8 ilustran la repercusión de la inclinación (S) del terreno por el que pasa un vehículo terrestre 116 sobre el ancho de surco efectivo (E) de un equipo de trabajo 120 arrastrado por el vehículo terrestre 116. Como está representado en la Figura 7, el ancho de surco efectivo (E) baja cuando la inclinación lateral o la pendiente lateral del terreno atravesado por el vehículo terrestre 116 aumenta. El ancho de surco efectivo (E_1) de un surco seguido por el vehículo terrestre 116 en el paso a través de terreno con una inclinación lateral resulta ser mayor que el ancho de surco efectivo (E_2) de un surco recorrido por el vehículo terrestre 116 sobre un terreno con sólo poca o ninguna inclinación. Por lo tanto el ancho de surco efectivo (E) para un equipo de trabajo 120 en una inclinación dada (S) está en la siguiente relación con el ancho de surco del equipo de trabajo 120 sobre terreno llano, como puede reconocerse con ayuda de la Figura 8:

$$E = I \cdot \cos(S) \quad (\text{Ecuación 2})$$

siendo E el ancho de surco efectivo, I el ancho de surco del equipo de trabajo sobre terreno llano y S la inclinación.

- 45 En ejemplos de realización el sistema 122 de compensación del sistema de referencia puede ser calibrado antes de o durante la utilización, para mejorar la exactitud de la determinación de posición y dirección corregida. El aparato 130 de medida de la aceleración puede presentar por ejemplo uno o varios sensores de temperatura para la medición de la temperatura del aparato 130 de medida de la aceleración, por lo que al sistema de proceso 132 se le hace posible compensar variaciones en la aceleración lateral medida por el aparato 130 de medida de la aceleración, que están causadas por errores de desviación, y errores de sensibilidad del aparato 130 de medida de la aceleración, inducidos por la temperatura. Para calibrar la reacción a la temperatura del aparato 130 de medida de la aceleración el sistema 122 de compensación del sistema de referencia puede ser calibrado bajo condiciones conocidas (por ejemplo en el momento de la fabricación), para relacionar el valor inicial del sensor de temperatura con la temperatura ambiente actual y medir el error de desviación sobre un intervalo de temperatura. El sistema de proceso 132 puede almacenar los datos de calibrado en una memoria (por ejemplo en la memoria flash 138), para poder realizar correcciones en las mediciones del ángulo de cabeceo dependiendo de la temperatura del aparato 130 de medida de la aceleración.

El sistema 122 de compensación del sistema de referencia puede además ser dispuesto para la identificación de un ángulo de cabeceo de cero grados (0°) del vehículo terrestre 116. Esta calibración puede efectuarse cada vez que el sistema 122 de compensación del sistema de referencia sea instalado en el sistema de navegación 104 de un vehículo terrestre 116. El operador del vehículo terrestre 116 puede realizar esta calibración manualmente, colocando el vehículo terrestre 116 en una posición plana estacionaria y comunicando al sistema de proceso 132 que el vehículo terrestre 116 está estacionario y plano (por ejemplo mediante los elementos de entrada provistos en el sistema de navegación 104). Alternativamente el operador puede calibrar el ángulo de cabeceo de cero grados conduciendo él el vehículo terrestre 116 a lo largo de un trayecto recto marcha atrás y marcha adelante, lo que posibilita al sistema 122 de compensación del sistema de referencia determinar el ángulo de cabeceo de cero grados por comparación de las mediciones de ángulo de cabeceo del vehículo terrestre 116 a lo largo del trayecto recorrido.

Puesto que el sistema 122 de compensación del sistema de referencia no genera por sí mismo informaciones de posición ni de dirección, sino que en su lugar emplea mediciones de inercia para mejorar la información de posición y dirección proporcionada por el receptor 102 del sistema de determinación de posición, es suficiente que el giroscopio 128 y el aparato 130 de medida de la aceleración comprendan respectivamente sólo un único aparato 130 de medida de la aceleración para la medición de la aceleración lateral del vehículo terrestre 116 y un solo giroscopio 128 para la medición del régimen de guiñada del vehículo terrestre 116. Por esa razón el sistema 122 de compensación del sistema de referencia según el invento no requiere el número total de giroscopios y aparatos de medida de la aceleración que típicamente son necesarios en sistemas de medida de inercia conocidos. El sistema 122 de compensación del sistema de referencia es por eso más sencillo, contiene menos componentes y puede fabricarse más barato que semejantes sistemas. Debe notarse sin embargo que el sistema 122 de compensación del sistema de referencia puede comprender giroscopios adicionales como redundancia o para posibilitar una exactitud mejorada de las mediciones del régimen de guiñada y de la aceleración lateral.

Se hace ahora remisión a la Figura 9, en la cual está representado un ejemplo para un procedimiento 200, con el cual pueden mejorarse informaciones de posición y dirección basadas en un sistema de determinación de posición global, que son empleadas por un sistema de navegación 104 en un vehículo terrestre 116, siendo la información de posición y dirección compensada por medición de la inercia en cuanto al movimiento de guiñada y de cabeceo del vehículo, cuando el vehículo pasa por terreno accidentado. Como está representado en la Figura 9, en un paso 202 se reciben señales de determinación de posición globales de un receptor del sistema de determinación de posición global y en el paso 204 se emplean para la generación de información de navegación basada en el sistema de determinación de posición global incluyendo la posición (por ejemplo ancho y longitud), dirección u orientación, velocidad, tiempo y similares. En el paso 206 se miden también el régimen de guiñada y la aceleración lateral del vehículo terrestre 116, empleando un giroscopio y un aparato de medida de la aceleración. Una posición y dirección corregida, que está compensada en cuanto al cabeceo y las guiñadas del vehículo terrestre 116 cuando el vehículo terrestre pasa por terreno accidentado, puede ser calculada luego para el vehículo terrestre 116 en el paso 208 empleando la posición y dirección (basadas en el sistema de determinación de posición global) de la información de navegación generada y el régimen de guiñada y aceleración lateral del vehículo terrestre. En formas de realización del invento la dirección corregida puede ser calculada por medio de la ecuación 1, mientras que la posición corregida puede ser determinada mediante el cálculo de una distancia de desplazamiento para el vehículo terrestre 116 empleando la ecuación 2, estando la distancia de desplazamiento desdoblada en componentes de longitud y ancho y siendo agregada a la posición determinada con el sistema de determinación de posición global. La posición y la dirección son luego retiradas de la información de navegación generada en el paso 204 y sustituidas en el paso 210 por la posición y dirección corregidas, que fueron calculadas en el paso 208, para proporcionar una información de navegación corregida para el vehículo terrestre 116. La información de navegación corregida puede luego ser empleada en el paso 212 para la navegación y/o conducción del vehículo terrestre 116.

Como está representado en la Figura 9, la aceleración lateral medida por el aparato 130 de medida de la aceleración en el paso 206 puede ser empleada de nuevo para determinar el ángulo de cabeceo del vehículo terrestre 116, a partir del cual en el paso 214 puede ser determinada la inclinación (S) del terreno por el que pasa el vehículo terrestre 116. La inclinación (S) puede luego ser empleada por el sistema de control de navegación 104 para en el paso 216 determinar el ancho de surco efectivo o la distancia de surcos de un equipo de trabajo 120 movido por el vehículo terrestre 116. El ancho de surco efectivo determinado en el paso 216 puede ser empleado luego para en el paso 212 ayudar a la navegación o a la conducción del vehículo terrestre 116, en caso de que se posibilite una conducción paralela o automática del vehículo terrestre 116. De esta manera pueden ser determinados y ajustados en tiempo real anchos de surco compensados en inclinación para múltiples pasos del terreno para el equipo de trabajo 120, si la inclinación del terreno atravesado por el vehículo terrestre aumenta o desciende.

En ejemplos de realización los procedimientos dados a conocer pueden ser utilizados como conjuntos de instrucciones, que comprenden software o firmware, que pueden ser leídos por el sistema de proceso 132 del sistema 122 de compensación del sistema de referencia, por el receptor 102 del sistema de determinación de posición o por componentes del sistema de control de navegación 104. Además debe notarse que la sucesión o jerarquía específica de los pasos en los procedimientos dados a conocer son sólo ejemplos de realizaciones posibles. En base a las preferencias del proyecto las sucesiones o jerarquía específica de los pasos en el procedimiento pueden ser dispuestas de otra manera. Debe notarse además, que en la forma de realización descrita la información de velocidad es emitida como escalar. En lugar de ello podría ser emitida como vector bidimensional o tridimensional y ser corregida por el sistema de compensación del

sistema de referencia, de manera que no es necesaria una información de dirección por separado. La información de posición puede asimismo ser emitida tridimensional, es decir, comprender una componente Z.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de navegación (100) de un vehículo terrestre (116) con:

un receptor (102) del sistema de determinación de posición, que puede ser activado para generar informaciones de posición y de dirección basadas en un sistema de determinación de posición global y alimentarlas a un sistema (122) de compensación del sistema de referencia,

un sistema (122) de compensación del sistema de referencia, que proporciona informaciones de posición y dirección corregidas, que está conectado con el receptor (102) del sistema de determinación de posición y con un aparato (130) de medida de la aceleración dispuesto para la medición de una aceleración lateral del vehículo terrestre (116) para la medición del ángulo de cabeceo del vehículo terrestre (116) y con un giroscopio (128) para la medición de un régimen de guiñada y/o de un ángulo de guiñada del vehículo terrestre (116), y puede ser activado para compensar las informaciones de posición y dirección del receptor del sistema de determinación de posición por medio de las señales del aparato (130) de medida de la aceleración y del giroscopio (128) en lo referente al ángulo de cabeceo del vehículo terrestre (116) y de la guiñada del vehículo terrestre (116) sobre un punto de giro teniendo en cuenta una distancia de desplazamiento lateral (D_{OT}) entre la posición (P_{GPS}) determinada con el sistema de determinación de posición global y la posición actual de un punto de referencia o de control deseado (P_C) para el vehículo terrestre (116),

y un sistema de control de navegación (104), que recibe las informaciones de posición y dirección corregidas por el sistema (122) de compensación del sistema de referencia y puede ser empleado para la navegación y/o conducción automática del vehículo terrestre (116),

y en el cual el sistema (122) de compensación del sistema de referencia ser activado para calcular la distancia de desplazamiento lateral (D_{OT}) por medio de una aceleración lateral medida y de una distancia causada por aceleración centrífuga, siendo determinada la distancia causada por aceleración centrífuga por medio de cambios en la posición del vehículo terrestre (116) con respecto a la dirección del vehículo terrestre (116).

2. Sistema de navegación (100) según la reivindicación 1, en el cual el sistema (122) de compensación del sistema de referencia puede ser activado para emplear la información de dirección del receptor (102) del sistema de determinación de posición para limitar la deriva del giroscopio (128).

3. Sistema de navegación (100) según la reivindicación 2, en el cual el sistema (122) de compensación del sistema de referencia puede ser activado para determinar una información de dirección compensada por medio de la siguiente ecuación:

$$C_C = [G_R/F_{MEAS}] + [(C_{GPS}-C_G) \cdot K_C/CFR] + Pf$$

siendo C_C la dirección corregida, G_R el régimen de guiñada medido, F_{MEAS} la frecuencia de medida del régimen de guiñada, C_{GPS} la dirección determinada con ayuda de la información de navegación que fue generada por el receptor (102) del sistema de determinación de posición, C_G la dirección establecida por medio de la medición del régimen de guiñada, CFR una variable de resolución de filtro de dirección, K_C un valor de filtro variable con $CFR > K_C >$ un valor mínimo positivo, y Pf el valor que proyecta la dirección corregida de un punto de giro del vehículo terrestre (116) sobre un punto, en el cual está instalada una antena (114) del receptor (102) del sistema de determinación de posición en el vehículo terrestre (116).

4. Sistema de navegación (122) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual el sistema (122) de compensación del sistema de referencia puede ser activado para calcular la inclinación del terreno atravesado por medio de la aceleración lateral medida del vehículo terrestre (116) y agregarla a la información de posición y dirección compensada.

5. Sistema de navegación (122) según la reivindicación 4, en el cual el sistema (122) de compensación del sistema de referencia puede ser activado para emplear la inclinación para determinar el ancho de surco efectivo del vehículo terrestre (116) y/o de un equipo de trabajo (120) movido por él.

6. Sistema de navegación (122) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual éste puede ser activado para dirigir el vehículo terrestre (116) a lo largo de un surco, que en esencia se desarrolla paralelo a un surco recorrido antes.

7. Sistema de navegación (122) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual el sistema (122) de compensación del sistema de referencia puede ser activado para retirar las informaciones de posición y dirección de las informaciones de posición y dirección del receptor (102) del sistema de determinación de posición y sustituirlas por las informaciones de posición y dirección compensadas y alimentarlas al sistema de control de navegación (104).

8. Procedimiento para la navegación y/o conducción automática de un vehículo terrestre (116) con los siguientes pasos:

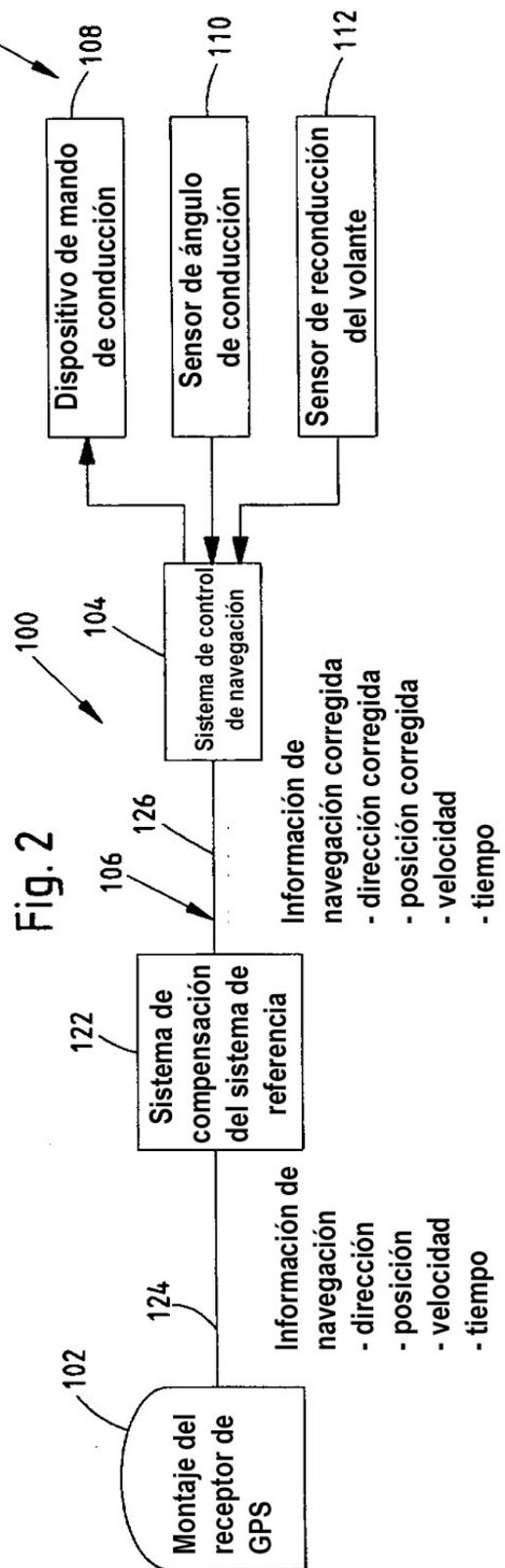
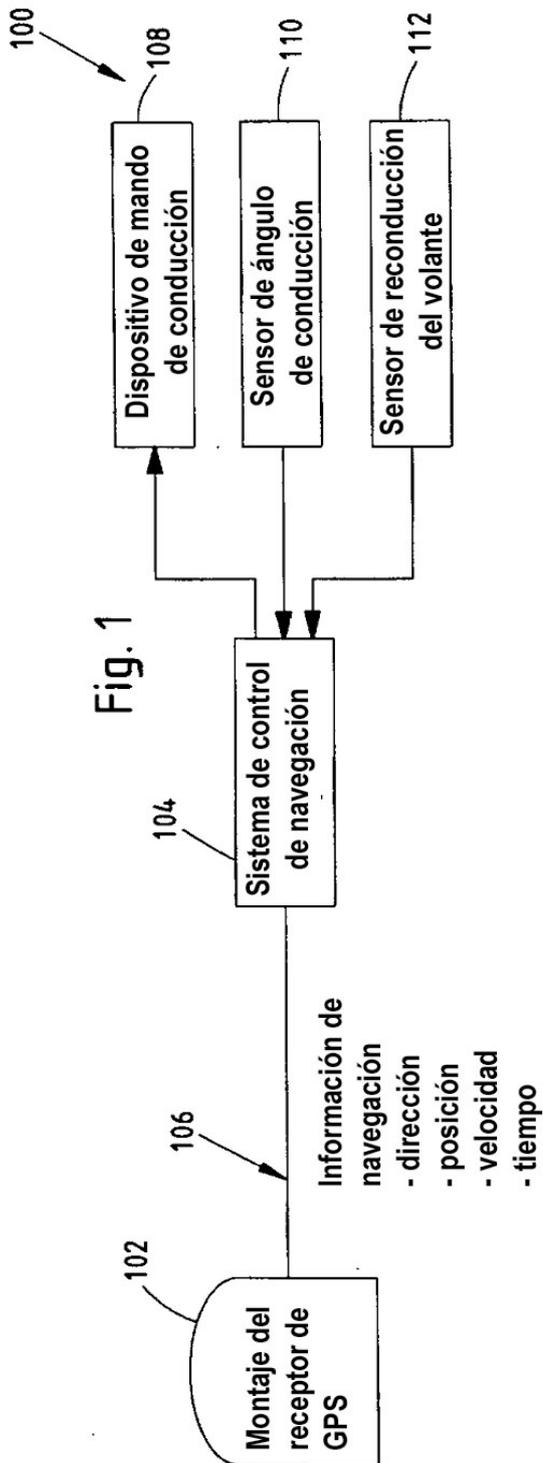
recepción de una señal de determinación de posición de un sistema de determinación de posición global,

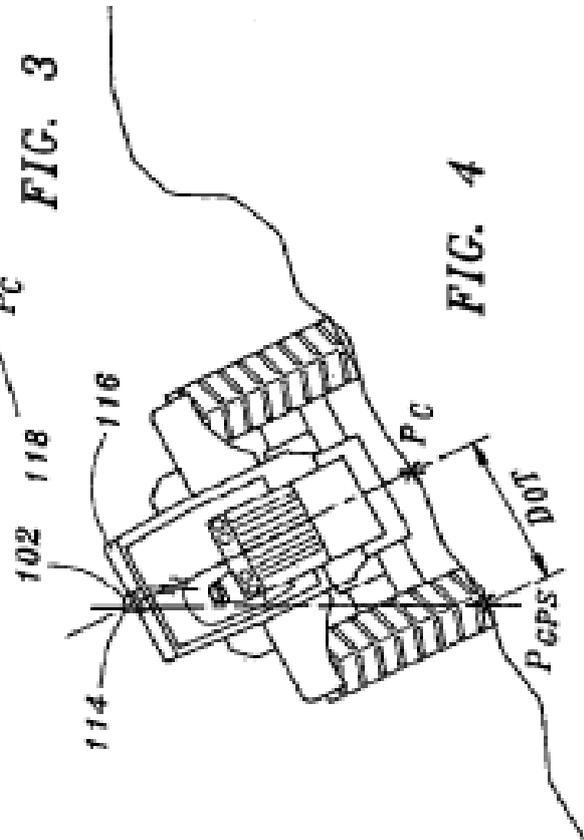
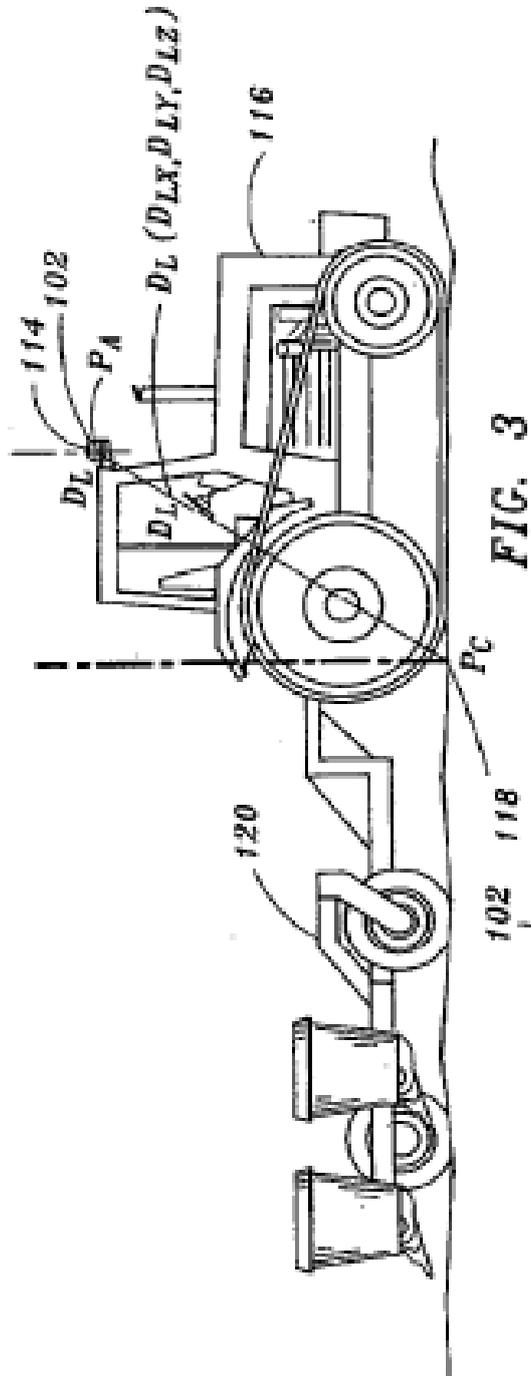
generación de informaciones de posición y dirección derivadas de ello,

5 preparación de informaciones de posición y dirección corregidas mediante medición de una aceleración lateral del vehículo terrestre (116) con un aparato (130) de medida de la aceleración para la medición del ángulo de cabeceo del vehículo terrestre (116) y la medición de un régimen de guiñada y/o de un ángulo de guiñada del vehículo terrestre (116) con un giroscopio (128) y compensación de las informaciones de posición y dirección del receptor del sistema de determinación de posición por medio de las señales del aparato (130) de medida de la aceleración y del giroscopio (128) en lo referente al ángulo de cabeceo del vehículo terrestre (116) y a la guiñada del vehículo terrestre (116) sobre un punto de giro teniendo en cuenta una distancia de desplazamiento lateral (D_{OT}) entre la posición (P_{GPS}) determinada con el sistema de determinación de posición global y la posición actual de un punto de referencia o de control deseado (P_C) para el vehículo terrestre (116),
10

y empleo de las informaciones de posición y dirección corregidas por el sistema (122) de compensación del sistema de referencia para la navegación y/o conducción automática del vehículo terrestre (116),

15 y en el cual la distancia de desplazamiento lateral (D_{OT}) es calculada por medio de una aceleración lateral medida y de una distancia causada por aceleración centrífuga, siendo determinada la distancia causada por aceleración centrífuga por medio de cambios en la posición del vehículo terrestre (116) con respecto a la dirección del vehículo terrestre (116).





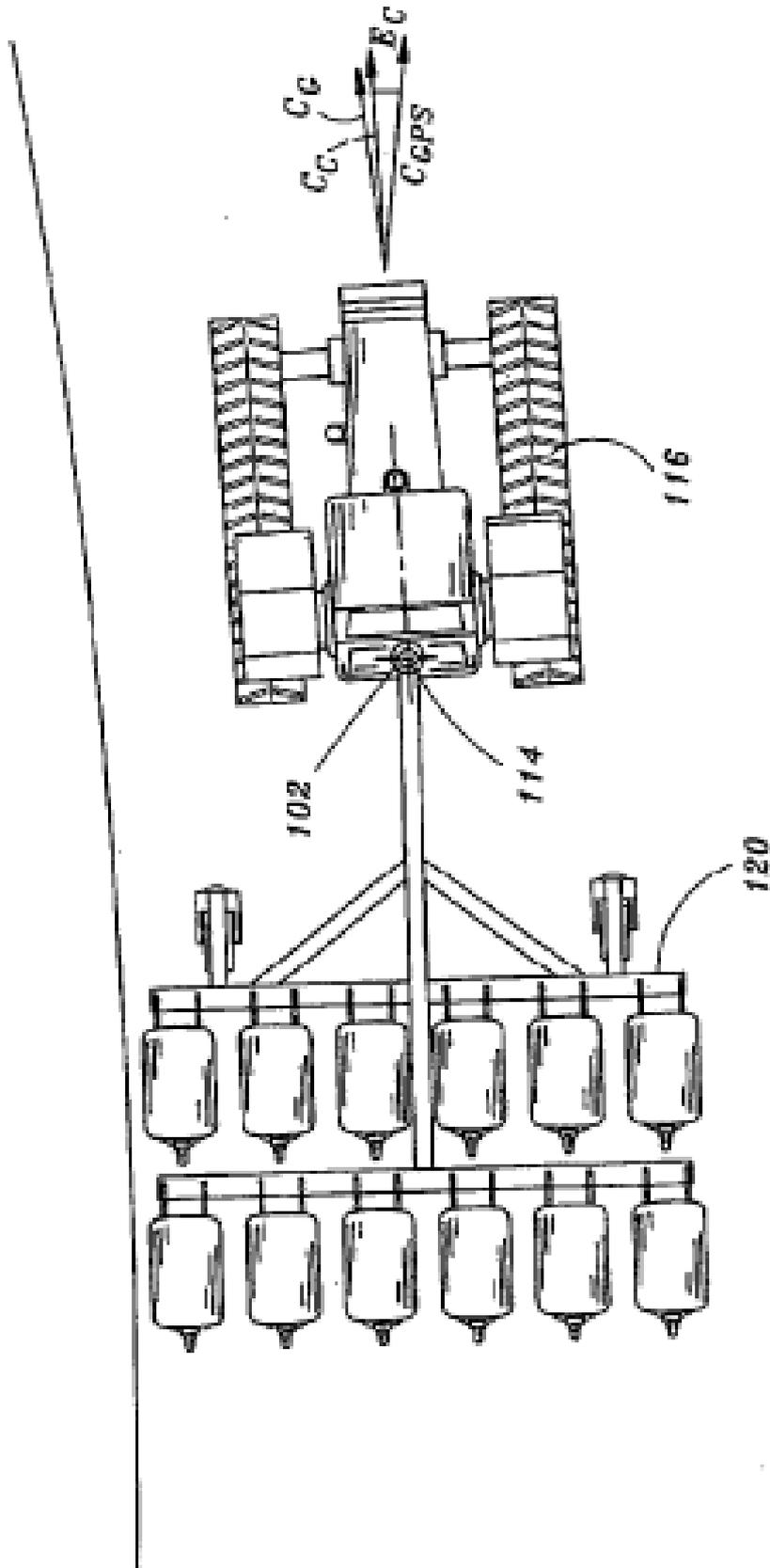


FIG. 5

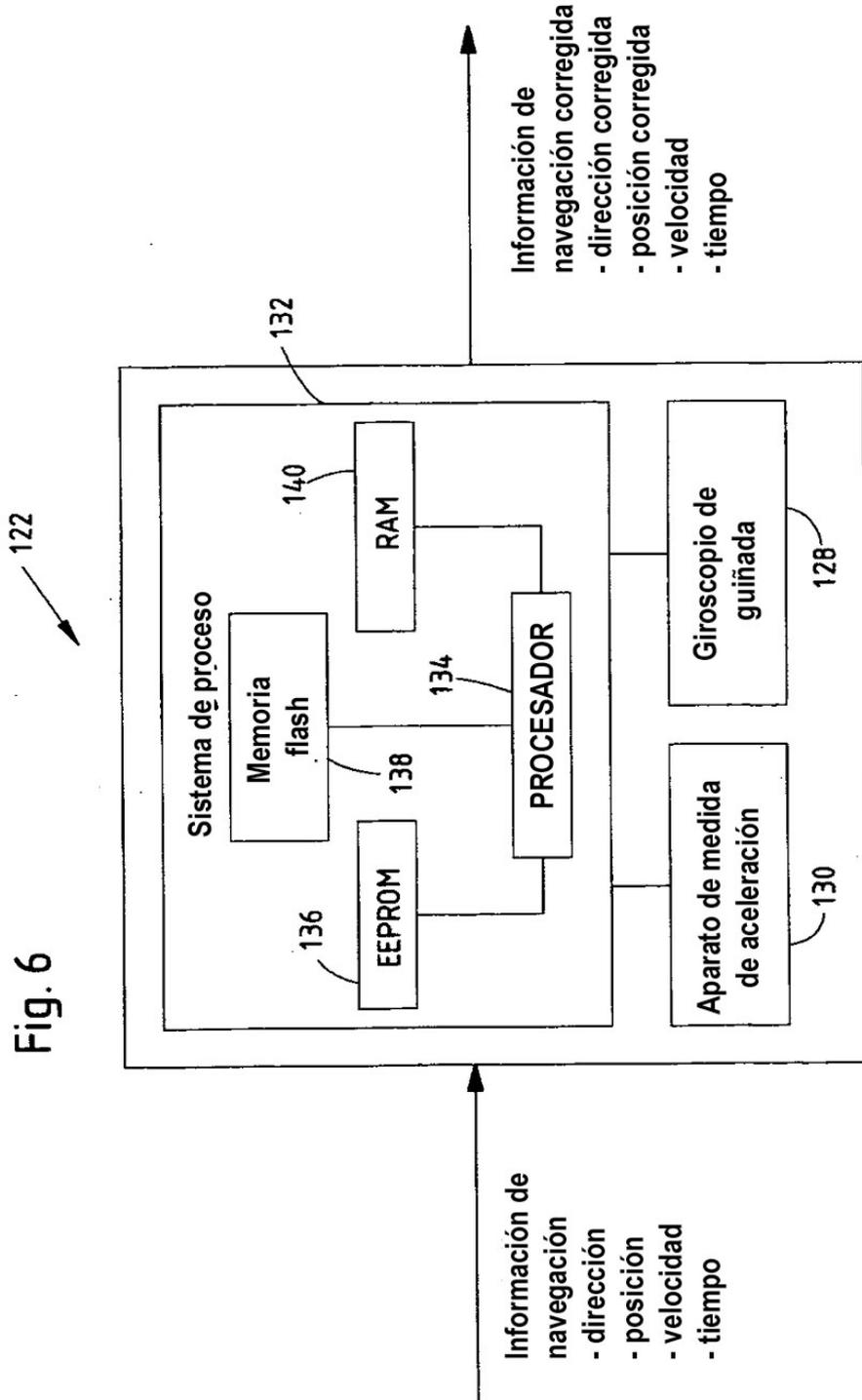


Fig. 7

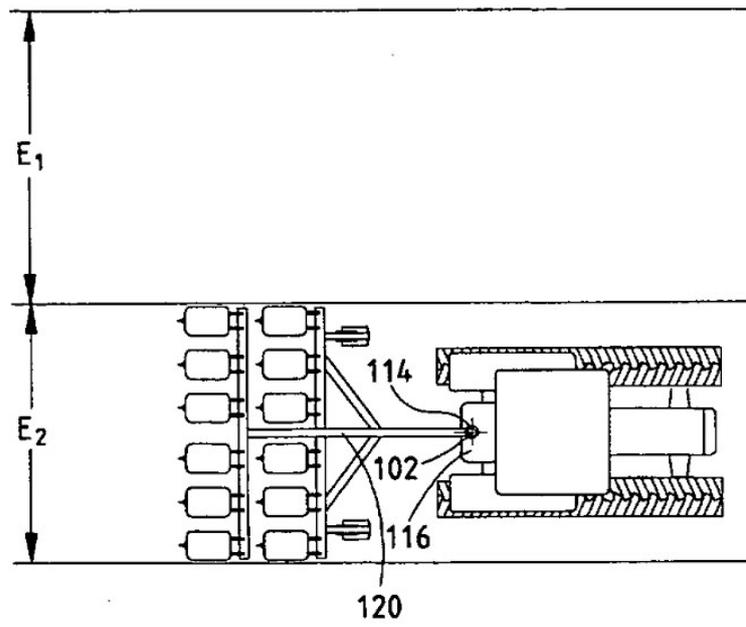
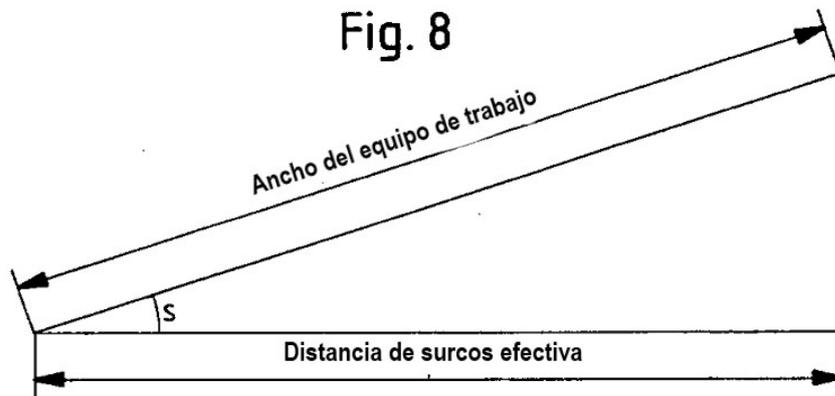


Fig. 8



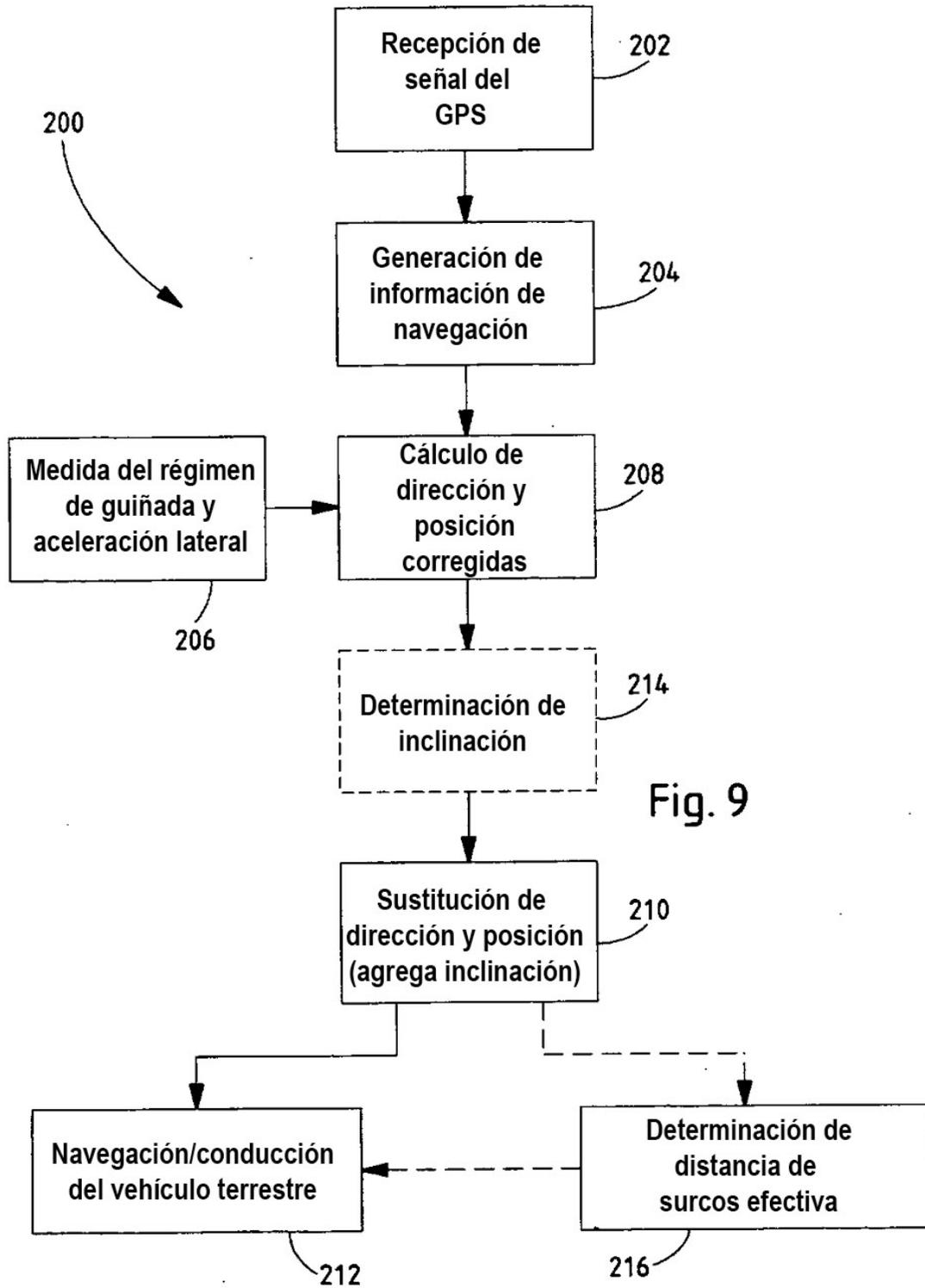


Fig. 9