

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 268**

51 Int. Cl.:

| | |
|-------------------|-----------|
| G07C 5/08 | (2006.01) |
| G01P 1/12 | (2006.01) |
| G01C 21/16 | (2006.01) |
| G01C 25/00 | (2006.01) |
| G01P 21/00 | (2006.01) |
| G01P 15/18 | (2013.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2014 PCT/GB2014/051379**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2014 WO14177888**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2014 E 14728240 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 2992514**

54 Título: **Procedimiento, sistema y programa informático para determinar la orientación de un aparato**

30 Prioridad:

02.05.2013 GB 201307974

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

07.04.2020

73 Titular/es:

**REDTAIL TELEMATICS LIMITED (100.0%)
Plextek Building, London Road
Great Chesterford Essex CB10 1NY, GB**

72 Inventor/es:

**JONES, KEVIN y
MASSAM, PETER**

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 753 268 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento, sistema y programa informático para determinar la orientación de un aparato

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento, un sistema y un programa informático para determinar la orientación de un aparato conectado a un vehículo.

10 **Antecedentes**

Se sabe que se proporcionan dispositivos de seguimiento para la instalación en o sobre vehículos. El dispositivo de seguimiento puede incluir un sistema de posicionamiento, como un sistema de posicionamiento satelital, como un receptor del sistema de posicionamiento global (GPS) o similar, y un transmisor para informar datos a un centro de control. Además del GPS u otro receptor, el vehículo también puede tener un acelerómetro. En algunos casos, el acelerómetro puede ser un componente del dispositivo de seguimiento.

15

Los datos de un acelerómetro se pueden usar para diversos fines, por ejemplo, para proporcionar información sobre el estilo de conducción o para detectar cuándo un vehículo ha colisionado. Sin embargo, es muy poco probable que los ejes de acelerómetro estén alineados con los ejes del vehículo. Por ejemplo, para simplificar la instalación, se puede instalar un acelerómetro, o un dispositivo de seguimiento que incluya un acelerómetro, en una variedad de posiciones y orientaciones con respecto a un vehículo con poca o ninguna consideración con respecto a la orientación del acelerómetro con respecto al vehículo.

20

Sería deseable que los datos de acelerómetro se expresen en términos del sistema de referencia del vehículo, en lugar de los ejes de acelerómetro (que se relacionan con la orientación del acelerómetro).

25

El documento US2009/051510A1 se refiere a un sistema y procedimiento para detectar e informar daños a vehículos. Una unidad de monitoreo puede incluir un módulo de acelerómetro con un acelerómetro triaxial. Se inicia una aplicación de autoorientación después de la instalación para determinar la posición de montaje de la unidad y cómo compensarla. Primero, un vector de gravedad se determina observando las fuerzas en los acelerómetros debido a la gravedad cuando se detiene el vehículo. El documento US2009/051510A1 luego supone que cuando un vehículo comienza a moverse o está frenando, el vehículo generalmente viaja en línea recta a lo largo de la línea central del vehículo. Al medir la aceleración o el frenado, se puede determinar la orientación de la línea central.

30

El documento US-2013/0081442 A1 (Basir *et al.*) analiza un procedimiento para corregir la orientación de un acelerómetro instalado libremente en un vehículo. El procedimiento propuesto detecta y corrige la orientación en dos etapas. En la primera etapa, el vector de gravedad se usa para estimar la orientación en el plano vertical. Luego, en base a los datos de aceleración recopilados durante el movimiento del vehículo, se estima el rumbo del vehículo y se corrige la orientación dentro del plano horizontal.

40

El documento US-2011/0202225 A1 (Willis *et al.*) se refiere a una calibración del sensor del vehículo. La alineación de un subsistema de acelerómetro se determina cuando el vehículo está parado y en movimiento. Los datos de alineación se determinan a partir de información de superficie conocida, velocidad de GPS medida y rumbo de GPS medido.

45

El documento US2012/0253585 A1 (Harvie) analiza los datos de calibración de acelerómetro para un acelerómetro montado en un vehículo. Se utiliza un promedio a largo plazo de los datos de acelerómetro para determinar la dirección de la gravedad en el sistema de referencia del vehículo. Los datos del vehículo se reciben y se utilizan para determinar los cambios en la velocidad del vehículo, para determinar la dirección del eje longitudinal del vehículo en el sistema de referencia del vehículo.

50

Sumario

55

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

60

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un sistema para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo de acuerdo con la reivindicación 8 adjunta.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones tales que cuando el programa informático se ejecuta en un dispositivo informático, el dispositivo informático está dispuesto para determinar la orientación, en relación con un vehículo, de acuerdo con la reivindicación 13 adjunta.

65

Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferentes de la invención, dada a modo de ejemplo solamente, que se hace con referencia a los dibujos adjuntos.

5 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un diagrama esquemático de un aparato de monitorización para su fijación a un vehículo;

10 La Figura 2 muestra una representación esquemática de una vista externa de los ejes de acelerómetro en el sistema de referencia del vehículo;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de procesamiento que puede llevarse a cabo en una realización para determinar la orientación de un aparato de monitorización con respecto a un vehículo;

La Figura 4 representa el concepto de proyectar vectores en un plano;

15 La Figura 5 es una representación esquemática de los resultados del análisis de componentes principales para vectores proyectados en un plano;

La Figura 6 muestra una representación esquemática de un sistema para determinar la orientación de un aparato de monitorización con respecto a un vehículo; y

La Figura 7 es un diagrama de flujo de señales para el procesamiento de una realización que usa el sistema de la Figura 6.

20

El mismo número de referencia indica el mismo elemento en todos los dibujos.

Descripción detallada

25 De acuerdo con una primera realización, se proporciona un procedimiento para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo. El procedimiento comprende:

registrar periódicamente datos de aceleración del aparato a lo largo de tres ejes mutuamente ortogonales en un primer intervalo de tiempo;

30 registrar periódicamente datos de velocidad y rumbo desde el aparato en un segundo intervalo de tiempo; determinar un primer vector que corresponde a la dirección de gravedad usando los datos de aceleración; identificar uno o más períodos de aceleración en una línea sustancialmente recta utilizando los datos de velocidad y rumbo;

35 seleccionar datos de aceleración correspondientes al uno o más períodos de aceleración identificados en una línea sustancialmente recta;

determinar un segundo vector que es ortogonal al primer vector y que corresponde a una dirección hacia adelante del vehículo usando los datos de aceleración seleccionados, en el que determinar un segundo vector comprende proyectar los datos de aceleración seleccionados en un plano normal al primer vector; y usar el análisis de componentes principales para determinar un vector de componente principal de los datos de aceleración seleccionados proyectados, en el que el segundo vector es el vector de componente principal.

40

; y

calcular un valor de calidad como un indicador de la precisión del segundo vector, en el que el cálculo del valor de calidad utiliza el producto escalar del segundo vector con los valores proyectados de los datos de aceleración seleccionados en el plano normal al primer vector.

45

El primer vector y el segundo vector se expresan en términos de las coordenadas de acelerómetro, es decir, en términos del sistema de referencia del aparato fijado al vehículo y, por lo tanto, se pueden usar para convertir el sistema de referencia del aparato al sistema de referencia del vehículo.

50

El primer y el segundo intervalo de tiempo pueden ser iguales o diferentes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los datos de aceleración pueden registrarse en un intervalo de tiempo más corto que los datos de velocidad y rumbo. En otras palabras, en algunas realizaciones, los datos de aceleración pueden registrarse a una frecuencia más alta que los datos de velocidad y rumbo. El primer intervalo de tiempo y el segundo intervalo de tiempo pueden ser iguales o diferentes de los intervalos en los que se proporcionan los datos. Por ejemplo, los datos de velocidad y rumbo pueden proporcionarse una vez por segundo (a una frecuencia de 1 Hz) en algunas realizaciones y cada elemento de datos registrado. En otro ejemplo, los datos de acelerómetro se pueden proporcionar con más frecuencia de lo que se registra. Por ejemplo, un valor puede registrarse cada 100 ms (una frecuencia de 10 Hz) aunque se proporcione cada 10 ms (una frecuencia de 100 Hz); en este caso, aumentar el período en el que se registran los datos de aceleración reduce el volumen de datos. La invención no se limita a estos ejemplos, por ejemplo, se pueden proporcionar otras realizaciones con datos de aceleración a una frecuencia de 1 kHz o superior,

55

60

Los datos de velocidad y rumbo pueden estar en cualquier forma que exprese la magnitud de velocidad y la dirección de desplazamiento. Por ejemplo, puede ser una velocidad separada y rumbo asociado o expresarse

65

como un vector de velocidad.

En algunas realizaciones, el primer vector se puede calcular a partir de la media aritmética de los datos de aceleración. En ese caso, al menos algunos de los datos de aceleración pueden haberse recopilado mientras el vehículo estaba en movimiento. En algunas realizaciones, todos los datos de aceleración que se han registrado pueden usarse para calcular el primer vector. Se ha encontrado que incluir datos de cuando el vehículo está en movimiento puede determinar el primer vector con mayor precisión que cuando solo se usan datos estacionarios. Se ha encontrado que, si solo se usan datos estacionarios, entonces el primer vector puede ser menos preciso debido a cualquier curvatura o pendiente en la superficie de la carretera. El primer vector corresponde a la dirección de la gravedad, pero no tiene que tener el mismo signo, por ejemplo, el primer vector se puede expresar como una aceleración hacia abajo (hacia el centro de la Tierra) o una aceleración hacia arriba (alejándose del centro de la Tierra).

El uno o más períodos de aceleración en una línea recta se pueden identificar a partir de datos consecutivos de velocidad y rumbo con sustancialmente el mismo rumbo y mayor velocidad. Al limitar la selección a datos consecutivos con mayor velocidad, solo se considera la aceleración de vehículo, no la desaceleración o frenado de vehículo. Como resultado, el segundo vector corresponde a una dirección hacia adelante del vehículo. Sustancialmente, el rumbo puede significar el mismo trayecto, cuando el trayecto se expresa al grado más cercano o pocos grados, como por ejemplo 2 a 5 grados. Esto puede ser útil cuando el trayecto lo proporciona un receptor de posicionamiento satelital, que puede proporcionar datos de rumbo como un trayecto al grado completo más cercano o pocos grados, por ejemplo. Si los datos de trayecto se proporcionan con mayor precisión que el grado completo más cercano, los datos de trayecto pueden redondearse para expresarse en grados completos. En otras realizaciones, se pueden usar diferentes criterios para determinar si un trayecto es sustancialmente el mismo, por ejemplo, si un trayecto está dentro de un porcentaje especificado de otro, por ejemplo, dentro de un pequeño porcentaje, como 1% o 2%, del trayecto anterior.

Un período de aceleración en línea recta puede tener un primer dato de velocidad y rumbo y un segundo dato de velocidad y rumbo. En un ejemplo, el segundo dato es posterior y consecutivo al primer dato, tanto el primer dato como el segundo tienen sustancialmente el mismo rumbo y el segundo dato tiene una velocidad mayor que el primer dato.

Los datos de velocidad y rumbo pueden ser de un receptor de sistema de posicionamiento satelital u otros medios tales como una brújula electrónica o una red de datos a bordo del vehículo. Esto permite recibir datos de velocidad y rumbo sin requerir ningún procesamiento adicional. Se puede utilizar cualquier sistema de posicionamiento adecuado, incluidos, entre otros, GPS, GLONASS, Galileo o una combinación de dos o más sistemas de posicionamiento. En algunas realizaciones, el rumbo puede expresarse en tres dimensiones, por ejemplo, como un vector tridimensional, o usando los datos de altura del GPS para determinar un cambio en la altura.

La precisión del procedimiento se mejora dado un conjunto de datos más grande para trabajar. En algunas realizaciones, los datos de aceleración y los datos de velocidad y rumbo se pueden registrar durante un período de al menos 1 km antes de llevar a cabo las etapas posteriores del procedimiento. Otras realizaciones pueden registrar datos para un período de tiempo diferente, por ejemplo, al menos 10 km, al menos 20 km, al menos 50 km, al menos 100 km u otra distancia. El tamaño del conjunto de datos necesario para una buena precisión puede variar con el terreno, por ejemplo, el terreno sustancialmente plano generalmente requiere un conjunto de datos más pequeño que el terreno con colinas o montañoso. La distancia recorrida puede determinarse, por ejemplo, con datos de la distancia total recorrida. Los datos sobre la distancia total recorrida se pueden registrar utilizando datos de un receptor de posicionamiento satelital, como un receptor de GPS o similar, o derivados de la información recibida de una interfaz de vehículo, como la información del odómetro transmitida en un CANBus, o derivada del acelerómetro o datos de velocidad usando estimaciones muertas.

En algunas realizaciones, se determina un tercer vector que es ortogonal al primer y segundo vector y que corresponde a una dirección en sentido lateral del vehículo usando el primer vector y el segundo vector. Esto permite que los datos de acelerómetro se transformen más completamente en el sistema de referencia del vehículo.

El procedimiento de la invención se puede realizar en el propio aparato o de forma remota. Por ejemplo, en una realización, el procedimiento puede realizarse en un servidor, alejado del aparato, y comprendiendo el procedimiento:

recibir, en el servidor, los datos de aceleración y los datos de velocidad y rumbo desde el aparato; y transmitir, mediante el servidor, el primer vector y el segundo vector al aparato.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un sistema para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo. El sistema comprende un sistema de procesamiento configurado para llevar a

cabo el procedimiento descrito anteriormente.

5 En algunas realizaciones, el aparato puede comprender una interfaz de acelerómetro para los datos de aceleración; y una interfaz de posicionamiento para datos de velocidad y rumbo. La interfaz del acelerómetro se puede conectar a un acelerómetro externo, alternativamente, se puede proporcionar un acelerómetro con el propio aparato. La interfaz de posicionamiento se puede conectar a un sistema de diagnóstico a bordo, por ejemplo, se proporciona velocidad del vehículo y rumbo sobre un CANBus. La interfaz de posicionamiento también se puede conectar a un receptor de posicionamiento satelital provisto dentro del aparato.

10 El sistema de procesamiento puede ser local al aparato o alejado del aparato. Por ejemplo, el sistema puede comprender un servidor, en el que el servidor está alejado del aparato fijado al vehículo y en el que el servidor comprende: el sistema de procesamiento; y un receptor configurado para recibir los datos de aceleración y los datos de velocidad y rumbo desde el aparato. El servidor puede comprender un transmisor y el sistema de procesamiento puede configurarse para transmitir el primer vector y el segundo vector al aparato que usa el transmisor.

15 El aparato puede convertir la salida del acelerómetro en el sistema de referencia del vehículo al que está fijado usando datos de orientación almacenados. Sin embargo, los datos de orientación no se calculan localmente, sino que se determinan de forma remota desde el aparato. Esto puede permitir el uso de un conjunto de datos más grande o un procesamiento más rápido porque las restricciones de memoria y procesamiento del aparato no se aplicarán. Los datos de orientación pueden proporcionarse como vectores que expresan los ejes del vehículo en términos de los ejes de acelerómetro. La conversión requiere entonces relativamente poco procesamiento en el propio aparato.

20 De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones de modo que cuando el programa informático se ejecuta en un dispositivo informático, el dispositivo informático está dispuesto para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo mediante el procedimiento descrito anteriormente.

25 El sistema de procesamiento descrito anteriormente puede comprender al menos un procesador y una memoria que almacena un conjunto de instrucciones informáticas.

30 Se puede proporcionar un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que almacena un programa informático como se describe anteriormente.

35 La Figura 1 muestra una representación esquemática de un diagrama esquemático de un aparato de monitorización en el que se pueden implementar realizaciones de la presente invención, o que pueden formar parte de un sistema de acuerdo con realizaciones de la invención.

40 El aparato de monitorización 2 de la Figura 1 comprende un procesador 4, un almacenamiento 6, un acelerómetro 8, un receptor de posicionamiento satelital 10, una antena de posicionamiento satelital 12, un sistema de comunicación inalámbrico 14, una antena de comunicación inalámbrica 16 y una RAM 18.

45 El procesador 4 puede ser cualquier dispositivo capaz de ejecutar instrucciones, por ejemplo, un microprocesador, microcontrolador o circuito integrado específico de aplicación. El procesador está conectado al almacenamiento 6, al acelerómetro 8, al receptor de posicionamiento satelital 10, al sistema de comunicación inalámbrico 14 y a la RAM 18 mediante interfaces respectivas, lo que permite que el procesador 4 transfiera datos con el almacenamiento 6, el acelerómetro 8, el posicionamiento satelital recibido y el sistema de comunicación inalámbrico 14.

50 El almacenamiento 6 puede ser cualquier almacenamiento no volátil o persistente que retiene los datos almacenados en él cuando no se aplica energía eléctrica. Los ejemplos incluyen uno o más dispositivos de memoria flash y almacenamiento magnético, como una o más unidades de disco duro. El almacenamiento 6 almacena instrucciones implementables por ordenador que pueden ser leídas y ejecutadas por el procesador 4. El almacenamiento 6 también almacena parámetros de configuración y otra información. En algunas realizaciones, el almacenamiento 6 también se puede usar para registrar datos del acelerómetro y el sistema de posicionamiento satelital.

55 El acelerómetro 8 es un sensor de aceleración que genera aceleración instantánea a lo largo de al menos un eje. En esta realización, el sensor de aceleración es un sensor de aceleración de tres ejes que genera aceleración instantánea a lo largo de tres ejes mutuamente ortogonales. En otras realizaciones, la aceleración en tres ejes puede proporcionarse mediante tres sensores de aceleración separados orientados ortogonalmente entre sí. El acelerómetro 8 proporciona al procesador 4 mediciones de aceleración instantánea a una frecuencia constante. Por ejemplo, el acelerómetro proporciona al procesador 4 mediciones de aceleración a una frecuencia de 100 Hz en algunas realizaciones. En otras realizaciones, se puede proporcionar un acelerómetro que es externo al

aparato de monitorización; en ese caso, se puede proporcionar una interfaz de datos de aceleración al procesador 4 para recibir datos del acelerómetro externo.

5 El receptor de posicionamiento satelital 10 proporciona velocidad y rumbo al procesador 4 a una frecuencia constante. Se puede utilizar cualquier forma de posicionamiento satelital, por ejemplo, GPS, GLONASS o Galileo. En esta realización, el receptor de posicionamiento satelital recibe señales de posicionamiento satelital a través de la antena 12 y emite señales correspondientes a los datos de posición, velocidad y rumbo al procesador 4 a una frecuencia de 1Hz. En otras realizaciones, el receptor de posicionamiento satelital 10 y la antena de posicionamiento interno 12 pueden reemplazarse con una interfaz de posicionamiento para el procesador 4 que recibe datos de velocidad, posición y rumbo desde una fuente externa, tal como un sistema de navegación en el vehículo.

15 El sistema de comunicación inalámbrico 14 y su antena asociada 16 permiten que el procesador se comunique de forma inalámbrica con otros dispositivos. Por ejemplo, los datos del acelerómetro 8 y el receptor de posicionamiento satelital 10 se pueden transmitir utilizando el sistema de comunicación inalámbrico 14. Se puede utilizar cualquier sistema de comunicación inalámbrico adecuado. Sin embargo, se prefiere utilizar un sistema con buena cobertura geográfica. En esta realización, el sistema de comunicación inalámbrico 10 es un sistema de comunicación GSM. Puede transmitir y/o recibir datos mediante conexiones de datos inalámbricas y/o mensajes SMS, de acuerdo con el volumen y el tipo de datos necesarios para la transmisión. Otras realizaciones pueden usar otros tipos de sistemas de comunicación inalámbrica, por ejemplo, los que siguen los estándares definidos por 3GPP, como los denominados 3G, evolución a largo plazo o evolución a largo plazo avanzada. Otras realizaciones pueden usar CDMA, comunicación satelital, radios VHF y otros sistemas de comunicación inalámbrica.

25 En operación normal, el procesador 4 recibe datos de acelerómetro del acelerómetro 8 a 100Hz y datos de velocidad y rumbo del sistema de posicionamiento satelital 10 a 1Hz. En otras realizaciones, los datos de aceleración y los datos de velocidad y rumbo pueden recibirse a velocidades diferentes, por ejemplo, a velocidades más altas. Estos datos se almacenan en un búfer en la RAM 18 o en el almacenamiento 6 hasta que el búfer esté lleno. Cuando el búfer está lleno, los datos se transmiten usando el sistema de transmisión inalámbrico 14 para almacenamiento y procesamiento externo.

35 Algunas realizaciones reducen el volumen de datos para transmisión y almacenamiento al no registrar todos los datos proporcionados al procesador. Por ejemplo, el acelerómetro se puede registrar a una velocidad de 10Hz. En tales realizaciones, los datos pueden reducirse de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, algunos datos simplemente pueden descartarse o almacenarse un promedio de varios valores. Otras realizaciones pueden registrar datos a diferentes velocidades.

40 La Figura 2 es una representación esquemática de la carcasa 20 para un acelerómetro que puede usarse en realizaciones de la invención. En algunas realizaciones, la carcasa 20 también puede contener los otros componentes del aparato de monitorización descritos anteriormente con referencia a la Figura 1. La carcasa 20 es cuboidal en esta realización, pero puede tener cualquier otra forma adecuada en otras realizaciones. La carcasa está provista de elementos de fijación o sujeción 22, que es una protuberancia que define un orificio para un tornillo o tuerca de montaje en esta realización. También se pueden proporcionar elementos de fijación alternativos (además o en reemplazo del elemento de fijación 22), ejemplos que incluyen un cierre de velcro y adhesivo. El acelerómetro 8 está montado de manera que mide la aceleración a lo largo de los ejes ortogonales 24, 26, 28 que se muestran en la Figura 2, La dirección negativa a lo largo de los ejes se denota por los signos 24', 26', 28'.

50 En uso, el aparato de monitorización está montado dentro o sobre un vehículo, por ejemplo, dentro de un compartimento de pasajeros o dentro de un compartimento de motor. La gran variedad de vehículos diferentes y las posibles ubicaciones de montaje dificultan la instalación del acelerómetro 8 de modo que los ejes de acelerómetro 24, 26, 28 estén alineados con los ejes del vehículo. Si bien los acelerómetros proporcionan información útil en cualquier orientación, es deseable conocer la aceleración en términos de los ejes del vehículo. Las realizaciones de la invención permiten determinar la orientación del acelerómetro 8 con respecto al eje de vehículo, de modo que los datos de acelerómetro se pueden expresar en términos de los ejes del vehículo en lugar de los ejes de acelerómetro (que en general no están alineados con los ejes del vehículo)

60 Ahora se describirá una realización de un procedimiento para determinar la orientación de un aparato con respecto a un vehículo. Como se discutió anteriormente, en un ejemplo, el aparato de monitoreo incluye un acelerómetro de tres ejes 8, que puede proporcionarse integralmente con los otros componentes del aparato de monitoreo o por separado del mismo. El acelerómetro 8 en particular puede instalarse en un vehículo en cualquier orientación, ya sea conocida o desconocida. Ahora se describirá un procedimiento para convertir todas las medidas del acelerómetro desde los ejes 24, 26, 28 en el sistema de referencia del vehículo, de modo que las medidas convertidas representen la aceleración hacia adelante, en sentido lateral y hacia abajo en relación con los ejes del vehículo. El problema se complica por las diversas fuerzas que actúan sobre el vehículo, que se

analizan a continuación. A lo largo de la siguiente discusión, la conversión de la aceleración en metros por segundo a la aceleración en g es dividir por $9,8 \text{ ms}^{-2}$.

En la dirección hacia abajo del vehículo, hay una fuerza constante que actúa sobre el vehículo hacia la Tierra, que el acelerómetro mide como una aceleración hacia arriba. Esta aceleración es, por definición, $1g$ ($9,8 \text{ ms}^{-2}$) apuntando alejándose del centro de la Tierra. Como una aceleración constante, esto estará presente en todas las mediciones tomadas desde el acelerómetro.

En la dirección hacia adelante del vehículo, la aceleración lineal viene dada por la siguiente fórmula:

$$accel = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

Como ejemplo específico, una aceleración hacia adelante típica podría ser de estacionaria a 60 mph ($26,82 \text{ ms}^{-1}$) en alrededor de 10 segundos, produciendo una aceleración de $2,68 \text{ ms}^{-2}$ que es equivalente a $0,27 g$. Del mismo modo, como ejemplo específico, una desaceleración hacia adelante típica podría ser de 60 mph ($26,82 \text{ ms}^{-1}$) a estacionaria en alrededor de 2 segundos, produciendo una desaceleración de $13,41 \text{ ms}^{-2}$ que es equivalente a $1,37 g$.

En la dirección en sentido lateral del vehículo, la aceleración angular viene dada por la siguiente fórmula:

$$accel = \frac{v^2}{r} \quad (2)$$

Como ejemplo específico, una aceleración en sentido lateral típica podría estar en una rotonda de radio de alrededor de 10 m y una velocidad de alrededor de 20 mph ($8,94 \text{ ms}^{-1}$) produciendo una aceleración de $7,993 \text{ ms}^{-2}$ que es equivalente a $0,82g$.

Por lo tanto, se puede ver que encontrar la aceleración hacia adelante a partir de un conjunto de datos de medición tomados de un aparato de monitoreo con una orientación desconocida no es un problema trivial porque las aceleraciones debidas a la Tierra, los cambios de velocidad lineal y los cambios de velocidad angular son en general del mismo orden de magnitud.

Un ejemplo de un procedimiento para determinar la orientación del aparato de monitorización, o del acelerómetro 8 en particular, se explicará ahora con referencia a la Figura 3. Primero, antes de que se pueda determinar la orientación, se recopilan datos del acelerómetro 8 y el sistema de posicionamiento 10. Cuanto mayor sea el conjunto de datos, más precisa será la determinación de la orientación. En la etapa 100, los datos de aceleración se registran en un primer intervalo de tiempo (por ejemplo, cada 100 ms, correspondiente a una frecuencia de 10Hz) y los datos de velocidad y rumbo se registran en un segundo intervalo de tiempo (por ejemplo, cada segundo, correspondiente a una frecuencia de 1Hz). Una vez que se han registrado suficientes datos, la ejecución continúa con la etapa 102 para comenzar a procesar los datos para determinar la orientación.

En la etapa 102 se determina la dirección hacia arriba o el vector "Tierra". El vector Tierra se define como un vector unitario que apunta en dirección ascendente alejándose de la Tierra, expresado en términos de los ejes de acelerómetro 24, 26, 28. Como se discutió anteriormente, la Tierra impone una fuerza de $1g$ en el vehículo que aparece como una aceleración de $1g$ en el acelerómetro 8. El vector Tierra se determina al encontrar el promedio aritmético de todos los datos de aceleración registrados. Ese promedio se convierte en un vector unitario.

A continuación, se determina el vector de aceleración hacia adelante. Esto requiere que se elimine el efecto de la aceleración en sentido lateral discutida anteriormente. Esto se logra al encontrar el conjunto de datos de aceleración que está sujeto solo a la aceleración hacia adelante (es decir, aceleración positiva en la dirección hacia adelante). Los datos de velocidad y rumbo se utilizan para esto; en la etapa 104 se identifican aceleraciones sustancialmente rectas a partir de la información de GPS. En la etapa 106, se seleccionan los datos de aceleración asociados con las aceleraciones rectas. Una forma de lograr esto es aplicando la siguiente regla.

- si el rumbo de GPS en la muestra n es el mismo que el rumbo de GPS en la muestra n-1 y la velocidad del GPS en la muestra n es mayor que la velocidad del GPS en la muestra n-1, entonces mantener las mediciones de aceleración tomadas entre la muestra de GPS n-1 y la muestra de GPS n. (Un rumbo es el mismo si está en la misma dirección, expresado como un número entero de grados).

Como se discutió anteriormente, el sistema de posicionamiento satelital proporciona datos de rumbo y velocidad que se registran a una frecuencia de 1Hz. Los datos de acelerómetro se registran a una frecuencia de 10Hz (Se pueden usar diferentes frecuencias de registro en otras realizaciones). Por lo tanto, en esta realización, se retienen diez muestras de acelerómetro para cada uno de los ejes de aparato de monitorización 24, 26, 28 cada vez que se identifica la aceleración recta.

A continuación, en la etapa 108, los datos de aceleración seleccionados se proyectan en un plano normal en la dirección ascendente determinada anteriormente en la etapa 102. Esto se debe a que los datos de aceleración de línea recta seleccionados todavía están en un espacio tridimensional. Los datos se convierten de modo que todos los datos existan en un plano para eliminar el efecto de la gravedad. En la Figura 4 se representa una representación esquemática de la proyección en un plano. Un plano se describe matemáticamente por un vector unitario que es normal al plano. En esta implementación, el vector Tierra 30 identificado en la etapa 102 se usa para definir el plano 32. El plano definido es efectivamente una superficie plana localizada que es perpendicular al vector Tierra 30 y, por lo tanto, puede considerarse una superficie de trayectoria matemáticamente plana. Todas las mediciones de aceleración 34 dentro de los datos de aceleración se proyectan en el plano 32. La proyección se ilustra con el vector 34 en la Figura 4.

En la siguiente discusión, los vectores se observarán en términos de ejes x, y y z. Los ejes x, y y z corresponden a los ejes 24, 26 y 28, respectivamente, del acelerómetro.

Dado un vector Tierra $E(x,y,z)$ y un vector de aceleración $A(x,y,z)$, la proyección del vector de aceleración en el plano que es perpendicular al vector Tierra es:

$$\begin{bmatrix} Px \\ Py \\ Pz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - E_x^2 & -E_x E_y & -E_x E_z \\ -E_y E_x & 1 - E_y^2 & -E_y E_z \\ -E_z E_x & -E_z E_y & 1 - E_z^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} \quad (3)$$

Este cálculo se repite para cada punto de datos o dato dentro del conjunto de datos de aceleración seleccionados que corresponden a una aceleración en línea recta. Los vectores resultantes son bidimensionales. Sin embargo, debido a que el plano es normal a la dirección hacia arriba, todavía tienen componentes en cada uno de los ejes de acelerómetro.

A continuación, en la etapa 110, se aplica el análisis de componentes principales (PCA) al conjunto de vectores bidimensionales que se creó en la etapa 108. El análisis de componentes principales es un procedimiento que se puede utilizar para determinar qué vector único describe mejor el conjunto bidimensional de vectores. Como el plano que contiene los vectores es perpendicular al vector Tierra, y dado que el conjunto de vectores contiene solo aceleraciones en línea recta, entonces el componente principal es el vector hacia adelante. Esto se ilustra en la Figura 5, con el componente principal ilustrado en 38.

El análisis de componentes principales es una técnica matemática conocida por un experto en la materia. Por ejemplo, los antecedentes y la teoría se describen en "Un tutorial sobre análisis de componentes principales", Lindsay I Smith, 26 de febrero de 2002. A continuación, se proporciona un resumen del análisis de componentes principales aplicado para determinar el vector hacia adelante en esta realización.

Primero se crea una matriz de covarianza. Los componentes de la matriz de covarianza son los componentes x, y y z de los vectores de aceleración proyectados en relación con los ejes de acelerómetro. La matriz de covarianza se puede definir de la siguiente manera:

$$C = \begin{bmatrix} \text{cov}(x, x) & \text{cov}(x, y) & \text{cov}(x, z) \\ \text{cov}(y, x) & \text{cov}(y, y) & \text{cov}(y, z) \\ \text{cov}(z, x) & \text{cov}(z, y) & \text{cov}(z, z) \end{bmatrix} \quad (4)$$

donde:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1} \quad (5)$$

Las estadísticas indican que el divisor es "n" si el conjunto de datos es una "población" (todas las muestras posibles) o "n-1" si el conjunto de datos es una "muestra" (subconjunto de todas las muestras posibles).

A continuación, se calculan los valores propios (eigenvalores) y los vectores propios (eigenvectores) de la matriz de covarianza. En esencia, si la matriz A es n por n y la matriz C es 1 por n, entonces C es un vector propio de A si $AC=\lambda C$ donde λ es un valor escalar. El valor de λ es un valor propio. Una matriz n por n tiene n valores propios y n vectores propios. El desarrollo matemático de esta ecuación lleva a lo siguiente:

$$\det(A - \lambda I_n) = 0 \tag{6}$$

Donde "det" significa el determinante e I_n es la unidad de n-dimensión o matriz de identidad. El algoritmo de orientación del viaje se basa en una matriz de covarianza 3x3, por lo que la expansión de la ecuación se convierte en:

$$\det \left(A - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right) = 0 \tag{7}$$

O:

$$\det \left(A - \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix} \right) = 0 \tag{8}$$

Entonces si:

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \tag{9}$$

Entonces la ecuación se convierte en:

$$\det \begin{bmatrix} a - \lambda & b & c \\ d & e - \lambda & f \\ g & h & i - \lambda \end{bmatrix} = 0 \tag{10}$$

El experto en la materia conocerá varios procedimientos que encuentran una solución general, es decir, los tres valores de λ (los valores propios) a la ecuación (10). En su forma más simple, se puede encontrar una solución utilizando algoritmos o bibliotecas existentes a los que se puede llamar para hacer el cálculo. Por ejemplo, Matlab, disponible comercialmente en MathWorks, incluye funciones para calcular valores propios. Si bien estas soluciones pueden ser computacionalmente complejas, la solución se simplifica en este caso porque todos los datos proyectados del acelerómetro incluyen solo números reales (no imaginarios) y porque el problema está limitado a una matriz de 3x3.

Una vez que se han determinado los valores propios, los vectores propios se pueden calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{bmatrix} a-\lambda & b & c \\ d & e-\lambda & f \\ g & h & i-\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = 0 \quad (11)$$

Esto se expande a las siguientes tres ecuaciones simultáneas como funciones de x, y y z:

$$\begin{aligned} (a-\lambda)x + by + cz &= 0 \\ dx + (e-\lambda)y + fz &= 0 \\ gx + hy + (i-\lambda)z &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Estas ecuaciones tienen un conjunto infinito de soluciones que incluyen x=y=z=0. Si se excluye la condición x=y=z=0, cualquier solución válida restante para x, y y z es un vector propio (dirección) asociado con λ . La entrada original era una matriz de covarianza 3x3 y, por lo tanto, hay tres valores para λ . Cualquiera de las soluciones válidas para x, y y z asociadas con el mayor valor de λ es el componente principal. El vector de componente principal se convierte en un vector de unidad de componente principal dividiendo x, y y z por la longitud del vector:

$$longitud = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (13)$$

Entonces, siguiendo la etapa 110, se han determinado el vector Tierra y el vector hacia adelante. Estos dos valores son útiles en sí mismos. Sin embargo, para expresar más completamente los datos de aceleración en términos de ejes del vehículo, se determina el vector en sentido lateral. El vector en sentido lateral se determina en la etapa 112. El vector en sentido lateral es un vector que es perpendicular tanto al vector Tierra como al vector hacia adelante. Esto se puede determinar con el producto vectorial cruzado de la siguiente manera:

$$A \times B = \begin{bmatrix} AyBz - ByAz \\ AzBx - BzAx \\ AxBy - BxAy \end{bmatrix} \quad (14)$$

Ahora se han determinado los tres vectores del sistema de referencia del vehículo y se expresan en términos de los ejes de acelerómetro. La conversión del eje se logra proyectando cada medición de aceleración relativa a los ejes de acelerómetro en un vector Tierra, un vector hacia adelante y un vector en sentido lateral. Las proyecciones se calculan utilizando la misma forma que la ecuación (3), a saber, la proyección P del vector A sobre el vector B viene dada por:

$$\begin{bmatrix} Px \\ Py \\ Pz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Bx^2 & BxBy & BxBz \\ ByBx & By^2 & ByBz \\ BzBx & BzBy & Bz^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} \quad (15)$$

Si A(x,y,z) es una medida de acelerómetro en los ejes de acelerómetro, E(x,y,z) es el vector Tierra en los ejes de acelerómetro, F (x,y,z) es el vector de avance en los ejes de acelerómetro, S(x,y,z) es el vector en sentido lateral en los ejes de acelerómetro, VE es la aceleración de la Tierra del vehículo en los ejes de acelerómetro, VF es la aceleración hacia adelante del vehículo en los ejes de acelerómetro y VS es la aceleración en sentido lateral del vehículo en los ejes de acelerómetro, luego aplicando la ecuación (14) da:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} VEx \\ VEy \\ VEz \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Ex^2 & ExEy & ExEz \\ EyEx & Ey^2 & EyEz \\ EzEx & EzEy & Ez^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} VFx \\ VFy \\ VFz \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Fx^2 & FxFy & FxFz \\ FyFx & Fy^2 & FyFz \\ FzFx & FzFy & Fz^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} VSx \\ VSy \\ VSz \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Sx^2 & SxSy & SxSz \\ SySx & Sy^2 & SySz \\ SzSx & SzSy & Sz^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{16}$$

Una vez que el vector Tierra, el vector hacia adelante y el vector en sentido lateral se conocen a partir de la ecuación (16), los datos de acelerómetro se pueden convertir en ejes del vehículo. Se hacen los siguientes supuestos:

- El vector Tierra es un vector unitario
- El vector hacia adelante es un vector unitario
- El vector en sentido lateral es un vector unitario
- El vector Tierra, el vector hacia adelante y el vector en sentido lateral son ortogonales

Este es el caso cuando, por ejemplo, se sigue el procedimiento de la Figura 3. Teniendo en cuenta estos supuestos, se puede demostrar que la conversión de los ejes de acelerómetro Ax, Ay y Az (es decir, la salida del acelerómetro) a los ejes de Tierra, hacia adelante y en sentido lateral en el sistema de referencia del vehículo viene dada por:

$$\begin{bmatrix} Tierra \\ Hacia\ adelante \\ En\ sentido\ lateral \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ex & Ey & Ez \\ Fx & Fy & Fz \\ Sx & Sy & Sz \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ax \\ Ay \\ Az \end{bmatrix} \tag{17}$$

Por lo tanto, la conversión requiere relativamente poca potencia de procesamiento. El aparato de monitoreo almacena E_{xyz} , F_{xyz} y S_{xyz} en el almacenamiento 6 para su uso posterior.

Este procedimiento requiere un período de tiempo durante el cual se registran los datos antes de que se puedan calcular los vectores de conversión. Durante los períodos en los que no se almacenan vectores de conversión válidos en el almacenamiento 6, no se realiza ninguna conversión y los datos de aceleración se informan en términos de los ejes de acelerómetro. Un ejemplo de una forma en la que se puede determinar si la conversión debe o no llevarse a cabo es la siguiente: si los tres vectores tienen longitud cero, entonces la conversión del eje está deshabilitada. De lo contrario, (es decir, si algún vector tiene una longitud distinta de cero), la conversión del eje está habilitada.

Otra realización de la determinación de orientación del acelerómetro utiliza los mismos cálculos que se describen anteriormente, excepto que, en el análisis de componentes principales (PCA), tanto las aceleraciones positivas (cuando la velocidad aumenta) como las aceleraciones negativas (cuando la velocidad disminuye) son usadas.

Por lo tanto, las aceleraciones utilizadas en el PCA se pueden dividir en dos subconjuntos: P_m^+ y P_n^- , de acuerdo con si pertenecen o no a un intervalo cuando la velocidad aumenta o disminuye.

Se pueden llevar a cabo algunas etapas adicionales para evaluar la calidad de los resultados de la PCA y asegurar que el signo del vector hacia adelante calculado sea correcto. Un valor de calidad, Q, se determina usando:

65

$$Q = \frac{\sum_M \text{sgn}(\alpha_m^+) - \sum_N \text{sgn}(\alpha_n^-)}{M + N} \quad (18)$$

5 donde $\text{sgn}()$ es la función signum. La función signum asigna valores positivos a 1, valores negativos a -1 y los valores cero no cambian. Los valores α_m^+ y α_n^- son los productos escalares de cada vector en los subconjuntos \mathbf{p}_m^+ y \mathbf{p}_n^- respectivamente con el vector hacia adelante \mathbf{f} resultante del PCA o:

$$\alpha_m^+ = \mathbf{f} \cdot \mathbf{p}_m^+$$

y

$$\alpha_n^- = \mathbf{f} \cdot \mathbf{p}_n^-$$

Q toma valores en el rango de -1 a +1.

Un valor de $Q=-1$ indica que la dirección del vector hacia adelante producido por el PCA es lo opuesto al valor deseado. Esto puede ser una consecuencia del uso de la matriz de covarianza en el algoritmo de PCA, que tendrá el mismo valor si se niegan todas las muestras. Por lo tanto, si Q es negativo, el vector hacia adelante, \mathbf{f} , se niega para producir un vector que corresponde a la dirección directa. Q también se niega para que tenga un valor en el rango de 0 a +1.

Si $Q=+1$ indica que todas las muestras de aceleración utilizadas en la estimación tenían un componente en la dirección hacia adelante cuyo signo concuerda con el cambio de velocidad y sugiere que \mathbf{f} es una buena estimación. Un valor de $Q=0$ indica que la mitad de las muestras está de acuerdo con la dirección de avance, pero la otra mitad no está de acuerdo y sugiere que \mathbf{f} es una mala estimación y debe recalcularse con nuevos datos o el conjunto de datos ampliado con datos adicionales. En algunas realizaciones, se puede establecer un valor umbral para Q por debajo del cual se recalcula el vector hacia adelante calculado \mathbf{f} . Por ejemplo, el vector hacia adelante puede recalcularse si Q es menor que 0,5, menor que 0,75 o menor que 0,9. Aunque Q se ha descrito para realizaciones en las que se usan aceleraciones positivas y negativas, no se limita a esas realizaciones y también se puede usar en realizaciones en las que solo se usan aceleraciones positivas.

Otras realizaciones pueden estimar la precisión del vector hacia adelante calculado usando PCA comparándolo con un vector hacia adelante calculado por otro procedimiento. Uno de estos procedimientos suma los vectores de aceleración proyectados, teniendo en cuenta el signo del cambio de velocidad, y normaliza el resultado. Los dos resultados se pueden comparar usando su producto escalar para calcular el ángulo entre ellos. El vector puede recalcularse con datos de aceleración adicionales o diferentes cuando este ángulo es mayor que, por ejemplo, 5 grados, 10 grados, 15 grados o cualquier otro valor adecuado.

Algunas realizaciones pueden aplicar un desplazamiento a los datos de aceleración seleccionados cuando se usa GPS para identificar períodos de aceleración en línea recta. Esto puede mejorar la precisión cuando la salida del GPS tiene un retraso, posiblemente introducido por la salida de datos de velocidad y rumbo a un ritmo más lento que los datos disponibles desde el acelerómetro. Por ejemplo, se ha encontrado que un desplazamiento de 1 segundo mejora la precisión del vector hacia adelante calculado cuando se usa un GPS que emite datos de velocidad y rumbo una vez por segundo.

Cualquier desplazamiento se resta del período de aceleración en línea recta como se identifica a partir de los datos del GPS. Entonces, en un ejemplo donde el desplazamiento es de un segundo, se usan las muestras de aceleración para el período $(t_1 - 1s)$ a $(t_2 - 1s)$, donde t_1 a t_2 es el período identificado de aceleración recta usando los datos del GPS. Este desplazamiento se puede utilizar en todos los procedimientos discutidos anteriormente donde se identifica una aceleración en línea recta utilizando datos de GPS. En realizaciones en las que se determina un valor de calidad, Q , se ha demostrado que un desplazamiento de 1 segundo aumenta significativamente el valor de Q .

Como los datos de aceleración tendrán el mismo formato, se haya aplicado o no la conversión, en algunas realizaciones se puede proporcionar un mecanismo para distinguir entre datos de aceleración convertidos y no convertidos. Por ejemplo, los datos de aceleración pueden complementarse con un indicador para indicar si se ha aplicado la conversión.

En otra realización, si los datos de aceleración se transmiten a otra entidad, se puede usar un mensaje diferente para los datos de aceleración convertidos que para los datos de aceleración no convertidos. Si la conversión del

eje está desactivada, el aparato de monitoreo genera mensajes donde las mediciones del acelerómetro están en los ejes de acelerómetro y esto se indica mediante un primer tipo de mensaje. Si la conversión del eje está habilitada, el aparato de monitoreo genera mensajes donde las mediciones del acelerómetro están en los ejes del vehículo y esto se indica mediante un segundo tipo de mensaje. Sin embargo, aparte de los tipos de mensaje (que pueden ser una variable enumerada, por ejemplo), el formato del primer y segundo tipo de mensaje es idéntico.

Como se discutió anteriormente, el procedimiento para determinar la orientación del acelerómetro se puede realizar localmente, por ejemplo, en el aparato de monitorización montado en el vehículo, o se puede realizar de forma remota desde el aparato de monitorización. Cuando el procedimiento se realiza de forma remota, se puede utilizar un procesador de menor potencia y un almacenamiento de datos más pequeño en el propio aparato de monitoreo.

Un diagrama esquemático de un ejemplo de un sistema que comprende un aparato de monitoreo y un servidor de acuerdo con una realización se representa en la Figura 6. El sistema comprende un aparato de monitoreo 2 que es el mismo que el descrito anteriormente con referencia a la Figura 1. El sistema también comprende un servidor 42 que comprende un procesador 44 que está conectado al almacenamiento no volátil 46, RAM 48 e interfaz de red 48. El almacenamiento no volátil 46 puede almacenar instrucciones de programa para la ejecución por el procesador y los datos recibidos de uno o más aparatos de monitoreo 2. Aunque solo se representa un aparato de monitoreo 2, el servidor puede estar en comunicación con más de un aparato de monitoreo.

La interfaz de red puede ser cualquier forma de interfaz que permita la transmisión y recepción de datos para la comunicación entre el servidor 42 y el aparato de monitorización 2. Por ejemplo, puede ser una interfaz conforme a la familia de estándares IEEE 802.11. En otras realizaciones, la interfaz puede ajustarse a otros estándares, tales como el estándar GSM o los estándares 3GPP discutidos anteriormente con referencia al sistema de comunicación inalámbrico del aparato de monitoreo 2,

Una red, denotada en general por la flecha 50, enruta mensajes hacia y desde el servidor 42 y el aparato de monitorización 2 a través de la interfaz de comunicación 48 y la interfaz de comunicación inalámbrica 14. La red puede ser una sola red (por ejemplo, una única red de operador GSM) o puede ser una serie de redes interconectadas que incluyen puentes (no mostrados) para convertir de un protocolo de red a otro.

En esta realización, el procedimiento para determinar la orientación del aparato de monitorización lo lleva a cabo el procesador 44 del servidor 42. Por ejemplo, el procesador 44 lleva a cabo instrucciones implementables por ordenador almacenadas en el almacenamiento no volátil 46 para implementar el procedimiento. El procesador 44 puede activarse para llevar a cabo el procedimiento por varios factores. Por ejemplo, el procedimiento puede ejecutarse porque no se ha determinado la orientación para un aparato de monitoreo particular o un acelerómetro particular. Este podría ser el caso cuando un aparato de monitoreo o acelerómetro está recién instalado. En otro ejemplo, el procedimiento se activa para que se realice nuevamente para un dispositivo cuando la orientación se ha determinado previamente. Este podría ser el caso en el que la orientación cambia después de la instalación inicial, por ejemplo, si el dispositivo se mueve durante el mantenimiento o cambia la orientación con respecto al vehículo con el tiempo. Los datos de precisión reducida pueden determinarse a partir de los datos en sí mismos, por ejemplo, mostrando aceleraciones hacia adelante o en sentido lateral más grandes de lo esperado o más pequeñas de lo esperado o mediante una aceleración hacia abajo que no iguala sustancialmente la gravedad.

La Figura 7 ilustra los flujos de señales que se pueden usar para determinar la orientación en la realización de la Figura 6 cuando la orientación no se ha calculado previamente. Primero, en la etapa 200, el aparato de monitoreo 2 transmite datos de aceleración y datos de velocidad y rumbo al servidor 42, que se recibe en la etapa 202. Como no se almacenan datos de orientación en el aparato de monitorización 2, estos datos se transmiten sin conversión y son los datos emitidos por el acelerómetro 8. Para reducir el tráfico de red, el aparato de monitoreo 2 puede almacenar los datos antes de la transmisión y transmitir más de una aceleración y velocidad y medición de rumbo al servidor a la vez. Por ejemplo, el aparato de monitorización 2 puede almacenar aproximadamente 10 segundos, aproximadamente 20 segundos, o algún otro período de tiempo antes de transmitir al servidor 42,

Cuando el servidor 42 recibe los datos en la etapa 202, se determina si se han recibido suficientes datos para calcular la orientación. Por ejemplo, se puede verificar si se han recibido datos para una distancia mínima recorrida. Si no hay suficientes datos, el servidor continúa recibiendo datos hasta que se hayan recibido suficientes para calcular la orientación.

Una vez que se han recibido suficientes datos, la ejecución continúa con la etapa 204, donde la orientación se determina utilizando los datos recibidos. Por ejemplo, la orientación se puede calcular utilizando el procedimiento descrito anteriormente con referencia a la Figura 3 desde la etapa 102 en adelante.

En la etapa 206, los vectores de orientación determinados se transmiten al aparato de monitorización 2. Se reciben en la etapa 208 y se almacenan en la memoria no volátil del aparato de monitorización 2 en la etapa 210.

Antes de almacenarse, se verifica la validez de los vectores de orientación recibidos para determinar si son válidos. Si hay alguna inconsistencia (por ejemplo, los vectores de orientación no son vectores unitarios, o los vectores de orientación no son ortogonales), entonces los vectores no se almacenan.

5 Una vez que se han almacenado los datos, el aparato de monitoreo convierte los datos de acelerómetro en el sistema de referencia de los ejes del vehículo como se describió anteriormente usando la ecuación (17). El tipo de mensaje se cambia para indicar que los datos de aceleración están en términos de ejes del vehículo.

10 En caso de que el servidor calcule datos de orientación actualizados, eso puede transmitirse al aparato de monitoreo donde reemplazará los datos de orientación existentes. Por lo tanto, no es necesario eliminar o remover los datos de orientación en el aparato de monitoreo mientras el servidor está recopilando datos para un recálculo.

15 El uso de un servidor separado permite flexibilidad en el cálculo de los vectores de orientación. Un servidor generalmente tendrá suficiente capacidad de almacenamiento para almacenar grandes cantidades de datos de aceleración. Por lo tanto, los datos de orientación pueden recalcularse y/o refinarse a medida que se reciben más datos en el servidor. Si se piensa que la orientación ya no es precisa, por ejemplo, porque el aparato de monitoreo se ha movido en relación con el vehículo, una implementación basada en servidor tiene flexibilidad sobre cuándo y cómo se recalcula. En una realización, el servidor puede recopilar datos de los datos de
20 aceleración de tiempo en los ejes del vehículo que se determinan como inexactos y luego se recalculan. Alternativamente, si se supone que los datos han sido inexactos durante algún tiempo, se pueden usar los datos que preceden inmediatamente cuando los datos se determinan como inexactos (esto se puede convertir nuevamente en datos sin procesar del acelerómetro porque se conocen los vectores de orientación).

25 Una implementación basada en servidor también puede actualizar el algoritmo de determinación de orientación sin necesidad de actualizar el aparato de monitoreo o implementar diferentes criterios para diferentes aparatos de monitoreo. Por ejemplo, un aparato de monitoreo para un cliente puede tener su orientación calculada después de una distancia diferente de otro aparato de monitoreo para otro cliente.

30 Todas las solicitudes para modificar los vectores de conversión usando actualizaciones de bloque de parámetros por aire son validadas por el módulo de bloque de parámetros. Cualquier inconsistencia (no unidades de longitud, no ortogonales) es rechazada.

35 Se entenderá que el procesador o el sistema o circuito de procesamiento al que se hace referencia en la presente memoria puede proporcionarse en la práctica mediante un solo chip o circuito integrado o varios chips o circuitos integrados, opcionalmente proporcionados como un conjunto de chips, un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), una matriz de compuertas programables en campo (FPGA), un procesador de señales digitales (DSP), etc. El chip o chips pueden comprender circuitos (así como posiblemente firmware) para
40 incorporar al menos uno o más procesadores o procesadores de datos, un procesador o procesadores de señales digitales, circuitería de banda base y circuitería de radiofrecuencia, que son configurables para operar de acuerdo con las realizaciones ejemplares. A este respecto, las realizaciones ejemplares pueden implementarse al menos en parte mediante software de ordenador almacenado en la memoria (no transitoria) y ejecutable por el procesador, o por hardware, o por una combinación de software y hardware almacenado de manera tangible (y firmware almacenado de manera tangible).

45 Aunque al menos algunos aspectos de las realizaciones descritas en la presente memoria con referencia a los dibujos comprenden procesos informáticos realizados en sistemas o procesadores de procesamiento, la invención también se extiende a programas informáticos, particularmente programas informáticos en o en un portador, adaptados para poner la invención en práctica. El programa puede estar en forma de código fuente no
50 transitorio, código objeto, un código fuente intermedio y código objeto tal como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma no transitoria adecuada para su uso en la implementación de procesos de acuerdo con la invención. El portador puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de llevar el programa. Por ejemplo, el portador puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una unidad de estado sólido (SSD) u otra RAM basada en semiconductores; una ROM, por ejemplo, una CD ROM o una ROM de semiconductores; un
55 medio de registro magnético, por ejemplo, un disquete o disco duro; dispositivos de memoria óptica en general; etc.

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo, comprendiendo el procedimiento:

registrar periódicamente (100) datos de aceleración del aparato a lo largo de tres ejes mutuamente ortogonales en un primer intervalo de tiempo;
 registrar periódicamente (100) datos de velocidad y rumbo del aparato en un segundo intervalo de tiempo;
 10 determinar (102) un primer vector que corresponde a la dirección de gravedad usando los datos de aceleración;
 identificar (104) uno o más períodos de aceleración en una línea sustancialmente recta utilizando los datos de velocidad y rumbo;
 seleccionar (106) datos de aceleración correspondientes al uno o más períodos de aceleración identificados en una línea sustancialmente recta; y
 15 determinar un segundo vector que es ortogonal al primer vector y que corresponde a una dirección hacia adelante del vehículo usando los datos de aceleración seleccionados;
 en el que determinar un segundo vector comprende:

20 proyectar (108) los datos de aceleración seleccionados en un plano normal al primer vector; y
 usar (110) análisis de componentes principales para determinar un vector de componente principal de los datos de aceleración seleccionados proyectados, en el que el segundo vector es el vector de componente principal; y
caracterizado porque el procedimiento comprende:
 25 calcular un valor de calidad como un indicador de la precisión del segundo vector, en el que el cálculo del valor de calidad utiliza el producto escalar del segundo vector con los valores proyectados de los datos de aceleración seleccionados en el plano normal al primer vector.
- 30 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el uno o más períodos de aceleración en una línea recta se identifican a partir de datos de velocidad y rumbo consecutivos con sustancialmente el mismo rumbo y mayor velocidad.
- 35 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el uno o más períodos de aceleración en una línea recta se identifican a partir de datos de velocidad y rumbo consecutivos que tienen el mismo rumbo, expresados en el grado más cercano.
- 40 4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los datos de velocidad y rumbo provienen de un receptor del sistema de posicionamiento satelital.
- 45 5. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende determinar (112) un tercer vector que es ortogonal al primer y segundo vector y que corresponde a una dirección en sentido lateral del vehículo usando el primer vector y el segundo vector.
6. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se lleva a cabo el registro de los datos de aceleración y el registro de los datos de velocidad y rumbo hasta que el vehículo haya recorrido al menos 1 km antes de realizar las etapas posteriores.
- 50 7. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el procedimiento se realiza en un servidor, alejado del aparato, y el procedimiento comprende:

recibir (202), en el servidor, los datos de aceleración y los datos de velocidad y rumbo desde el aparato; y
 transmitir (206), mediante el servidor, el primer vector y el segundo vector al aparato.
- 55 8. Un sistema para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo, en el que el sistema comprende:

un sistema de procesamiento (4; 44) configurado para ejecutar el procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 60 9. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende el aparato (2), en el que el aparato comprende:

65 una interfaz de acelerómetro para los datos de aceleración; y
 una interfaz de posicionamiento y rumbo para los datos de velocidad y rumbo.

10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el aparato comprende un receptor de posicionamiento satelital (10) conectado a la interfaz de posicionamiento.

5 11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, que comprende un servidor (42), en el que el servidor está alejado del aparato fijado al vehículo y en el que el servidor comprende:

el sistema de procesamiento (44); y
un receptor configurado para recibir los datos de aceleración y los datos de velocidad y rumbo desde el aparato.

10 12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el servidor comprende un transmisor y el sistema de procesamiento está configurado para transmitir el primer vector y el segundo vector al aparato utilizando el transmisor.

15 13. Un programa informático que comprende instrucciones tales que cuando el programa informático se ejecuta en un dispositivo informático, el dispositivo informático está dispuesto para determinar la orientación, relativa a un vehículo, de un aparato fijado al vehículo de acuerdo con el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

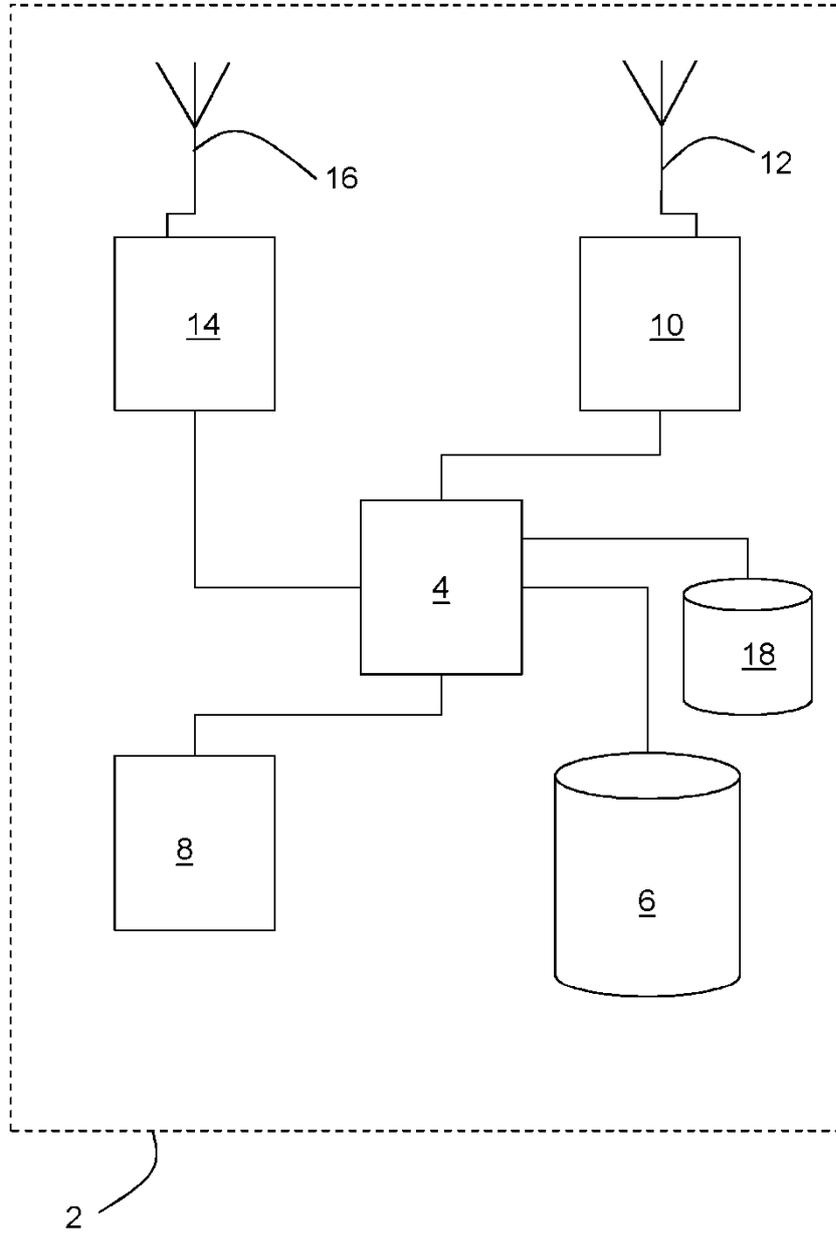


Fig. 1

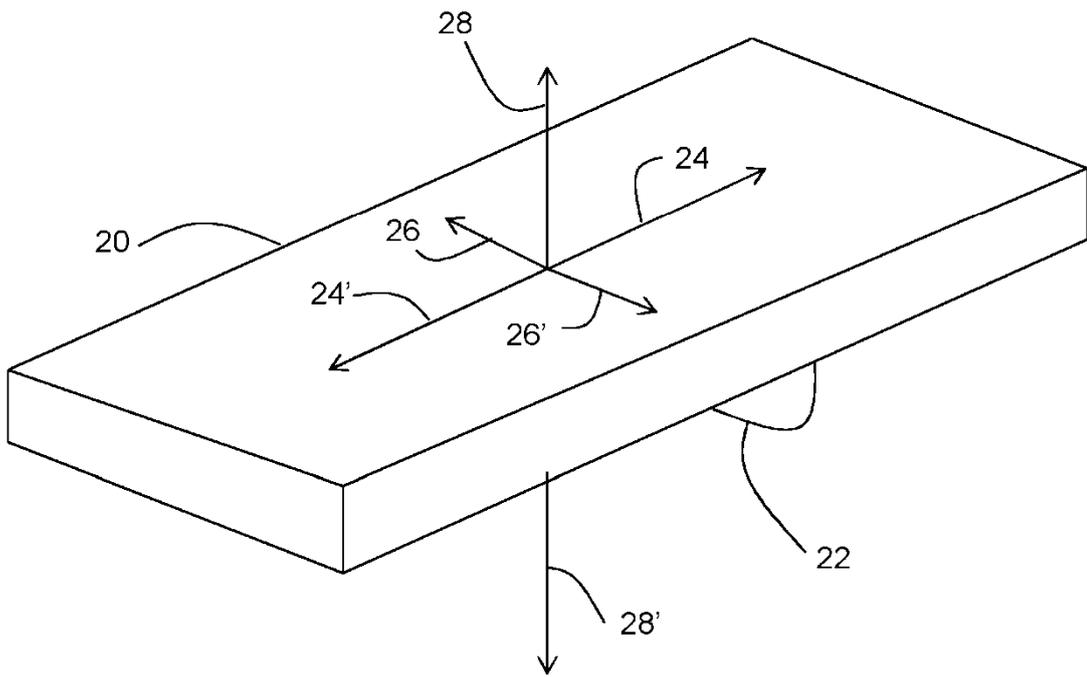


Fig. 2

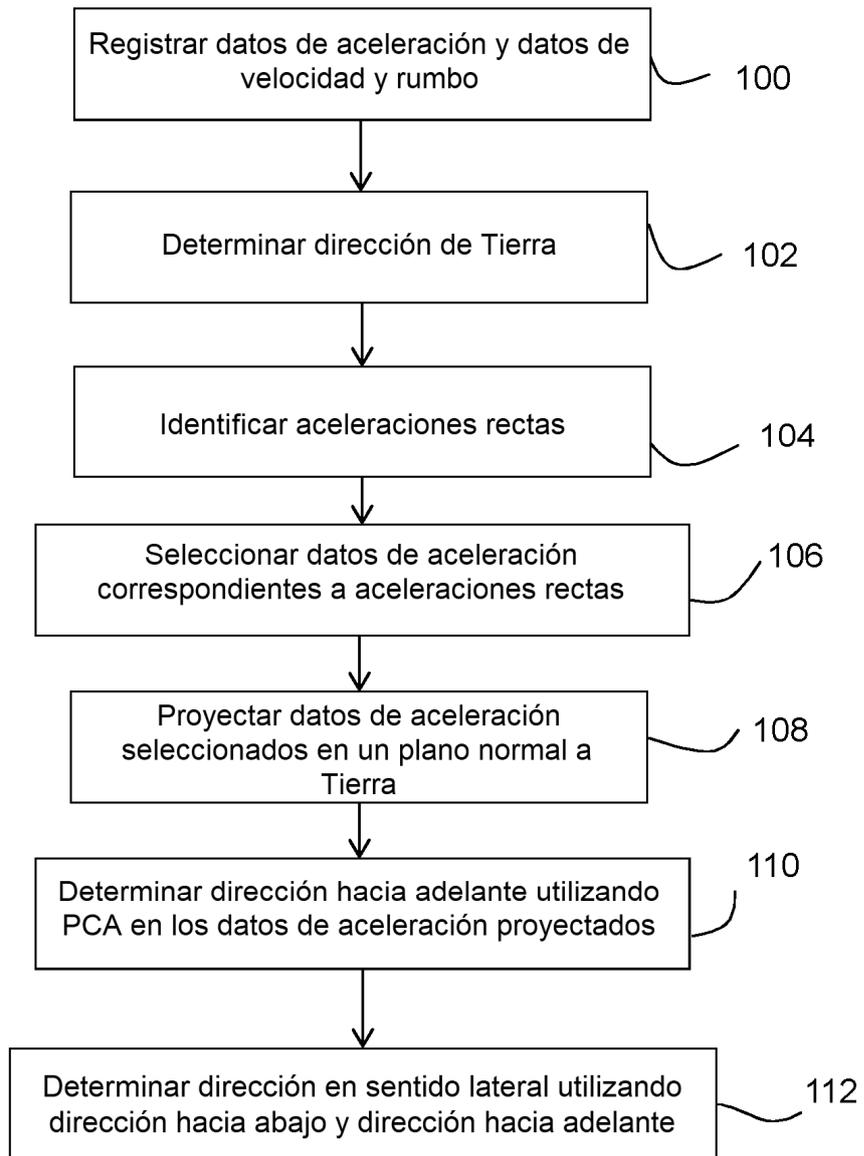


Fig. 3

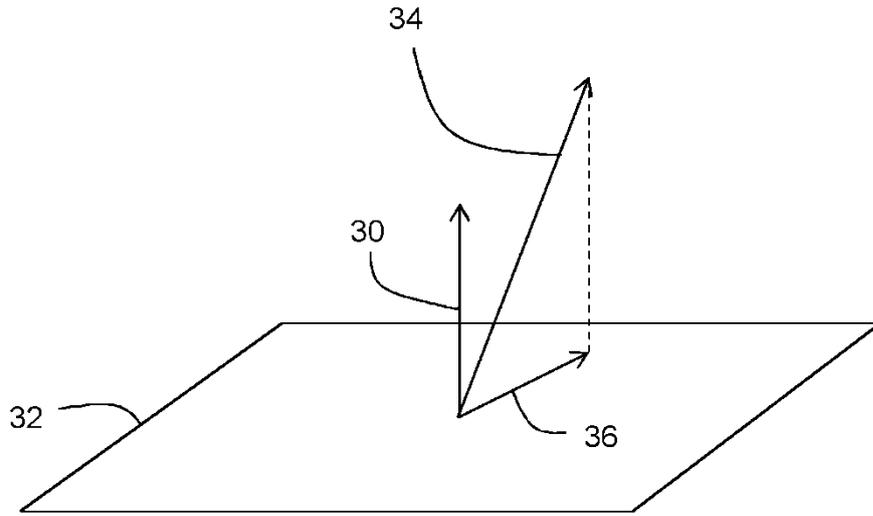


Fig. 4

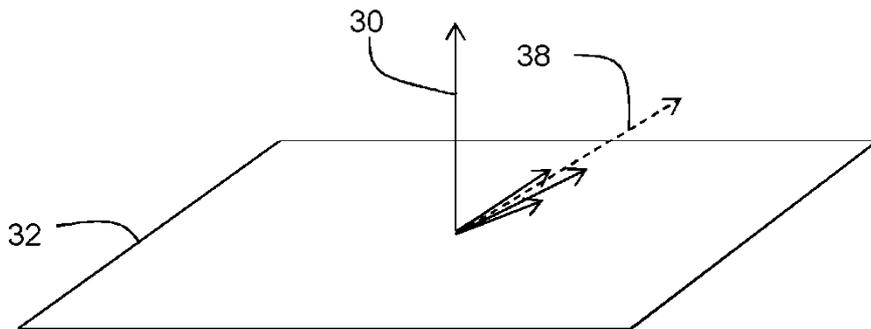


Fig. 5

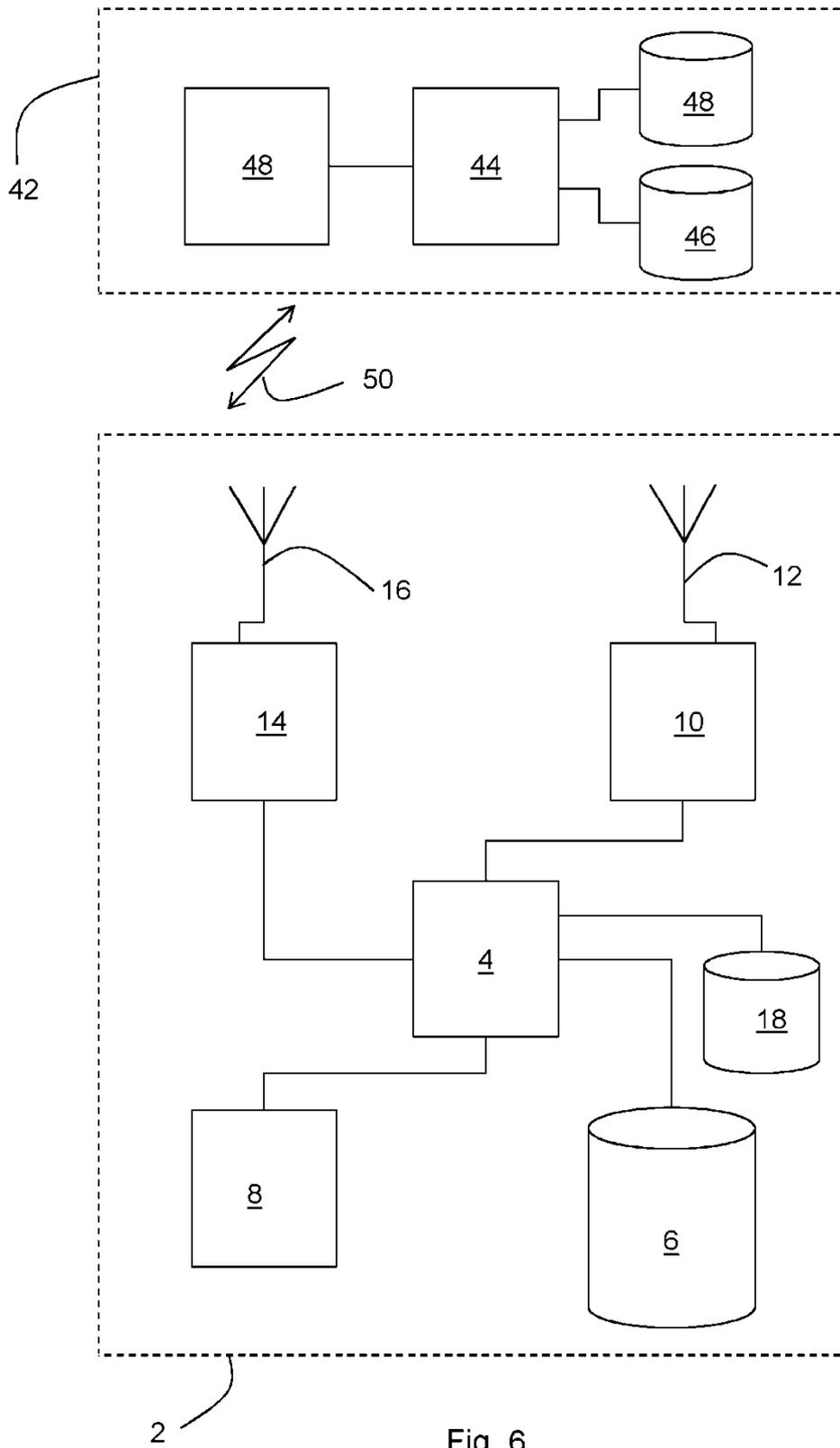


Fig. 6

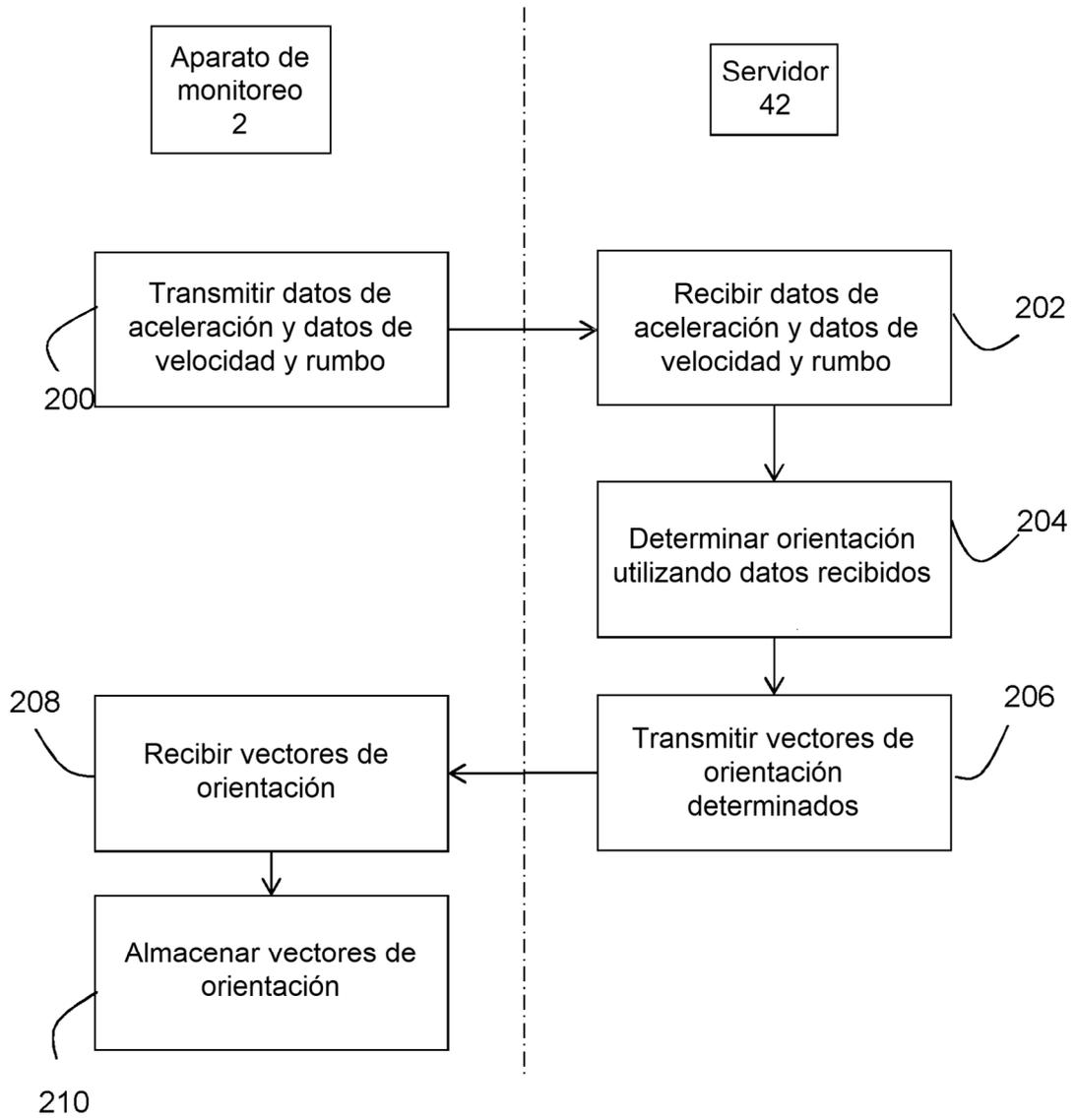


Fig. 7