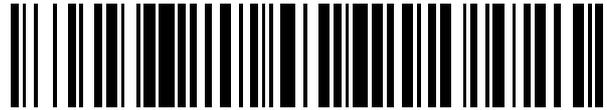


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 476**

51 Int. Cl.:

G01P 13/00 (2006.01)

G01P 7/00 (2006.01)

G08B 13/08 (2006.01)

E05B 45/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2015 PCT/EP2015/073730**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016 WO16066422**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2015 E 15784601 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018 EP 3213091**

54 Título: **Método y aparato para un servicio fiable de eventos de apertura y de cierre**

30 Prioridad:

28.10.2014 EP 14190678

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

07.09.2018

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

TEN KATE, WARNER RUDOLPH THEOPHILE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 680 476 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

Método y aparato para un servicio fiable de eventos de apertura y de cierre

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un método y un aparato para la detección fiable de eventos de apertura y cierre asociados con puertas o cajones. La invención también se refiere a un producto de programa de ordenador para implementar el método.

10

Antecedentes de la invención

Los entornos de casa inteligente se han introducido para monitorizar la salud y el bienestar de las personas mayores que están perdiendo su habilidad para vivir de forma independiente. Dichos sistemas típicamente comprenden una pluralidad de sensores montados en diversos lugares en la casa para la monitorización de las actividades cotidianas. Por ejemplo, pueden montarse sensores PIR en una o más habitaciones para detectar la presencia o movimiento de personas dentro de esos espacios.

Una característica común de dichos sistemas es la provisión de una o más disposiciones de sensor para la monitorización de la apertura o cierre de puertas. Por ejemplo, dichas disposiciones de sensor incorporadas en una puerta de entrada pueden ser utilizadas para detectar si y cuando una persona anciana está abandonando la casa, por ejemplo en momentos inusuales o peligrosos. En otro ejemplo, se pueden montar sensores en una puerta de baño o de aseo de manera que se puede monitorizar el comportamiento en el baño o en el aseo. Fijados a armarios de cocina, armarios y cajones o incluso a una puerta de la nevera o a una cesta del pan, dichos sensores pueden utilizarse para proporcionar información sobre hábitos alimenticios.

La monitorización de la apertura y cierre de puertas se puede realizar de esta manera mediante interruptores de puerta mecánicos. Estos están montados o bien en el bastidor de la puerta o la propia puerta y son activados de forma mecánica cuando la puerta es totalmente cerrada, y liberados de forma mecánica cuando la puerta es abierta.

Una desventaja de los interruptores de puerta mecánicos es que, aunque son fiables para la detección de una puerta que va a ser cerrada totalmente o no cerrada totalmente, no se pueden utilizar para monitorizar otros tipos de eventos de apertura y cierre parciales. Por ejemplo, debería ser deseable ser capaz de detectar el movimiento de la puerta de abierta a totalmente abierta, o de ligeramente entreabierta a estar más completamente entreabierta. Del mismo modo, es deseable tener la capacidad de detectar eventos de cierre incluso si la puerta no es empujada para estar completamente cerrada.

Otra desventaja de interruptores mecánicos es que requieren una instalación por una persona cualificada con el fin de asegurar que el interruptor ni obstruye el cierre completo de la puerta, ni pierde el contacto con la puerta en conjunto.

Típicamente, estos problemas se superan mediante el uso en su lugar de un sensor que esté fijado a una puerta cajón y que tenga la capacidad de detectar o informar sobre la aceleración como por ejemplo un acelerómetro, o un magnetómetro. Estos no requieren de habilidades especiales para instalarlos y se pueden montar, por ejemplo mediante un cuidador, en cualquier parte de la puerta o cajón de interés.

Sin embargo, un inconveniente importante de los sensores de puerta basados en la aceleración del estado de la técnica es una fiabilidad en general pobre al detectar los eventos de apertura y cierre. Las señales de salida de los sensores montados en objetos móviles pueden exhibir intensidades de pico comparables a las del nivel de ruido o fluctuaciones de señales no relacionadas con el evento de apertura o cierre.

El documento US 2013/327142 da a conocer una forma de detectar la apertura de una puerta con fuerza, basándose en una medida de la aceleración y la comparación con umbrales. Este sistema sólo es capaz de detectar el movimiento violento y no es capaz de detectar eventos de apertura y cierre normales.

El documento FR 2,892,517 da a conocer un método para el procesamiento instantáneo de datos de aceleración recibidos de un acelerómetro con el fin de detectar una condición para generar una señal de alarma.

El documento WO 2008/091244 divulga un método de detección de intrusión de un recinto utilizando datos que pueden ser recibidos a partir de una pluralidad de sensores asociados con el recinto. Además, los datos se pueden analizar para determinar si ha sucedido un evento de intrusión en el recinto. Adicionalmente, se puede lanzar una alerta cuando se determina que ha sucedido un evento de intrusión en el recinto.

Por lo tanto sería deseable un método para detectar a partir de una señal de salida de un sensor de movimiento, la apertura y cierre normales de una puerta o un cajón en los cuales está montado el sensor, en donde estos eventos de movimiento son extraídos de forma fiable y precisa a partir del ruido de fondo transportado por la señal.

Resumen de la invención

Un objeto de menciones proporcionar un modo de detección más fiable. La invención se define por las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes definen modos de realización ventajosos.

5 De acuerdo con la invención, se proporciona un método para detectar eventos de apertura y cierre utilizando un sensor de movimiento. La señal de sensor obtenida a lo largo del tiempo es dependiente del movimiento del sensor.

10 La invención se basa en el principio de utilizar señales de sensor integradas o sumadas de forma similar para la detección fiable y precisa de la existencia de los eventos de movimiento. Una señal es capturada a lo largo del tiempo desde un sensor de movimiento, siendo la señal o bien directamente o indirectamente representativa de un valor de aceleración. Cuando es indirectamente representativa, se debería aplicar algún procesamiento adicional con el fin de producir una señal de aceleración directamente representativa. La existencia de eventos de movimiento es detectada mediante el análisis, no directamente de intensidad de la señal aceleración, sino de áreas bajo una curva de señal entre puntos de cruzamiento nulos, o representaciones de los mismos. El análisis de las áreas bajo las curvas, en oposición a las intensidades, permite la detección fiable de eventos de movimiento incluso cuando la intensidad de señal es muy baja con respecto al ruido. Esto es en particular el caso, por ejemplo, con eventos de rotación o deslizamiento de apertura o cierre de una puerta o cajón.

20 Un evento de apertura o cierre puede manifestarse de forma típica sólo como un pequeño desplazamiento en la señal de ruido de reposo del sensor. Tomando la suma o integral de valores de señal entre cruzamientos nulos se amplifica de forma efectiva cualquier señal de desplazamiento que está presente. Típicamente, tanto la longitud del intervalo entre los cruzamientos nulos y la magnitud de la intensidad de señal se aumenta durante el movimiento en comparación con un descanso. Por tanto, un área por debajo de la curva, que por tanto toma en cuenta naturalmente ambos de estos efectos, puede proporcionar una sensibilidad mayor al detectar dichos eventos de movimiento que puede analizar las intensidades de señales solas. Además, sumando sólo los puntos de cruzamiento nulos, la integral es máxima dado que todas las muestras en la suma tienen un sin igual, y por lo tanto los eventos de movimiento son más fácilmente identificables del ruido de fondo.

25 La detección de eventos de apertura cierre basándose en una comparación de las señales de área con uno o más umbrales puede comprender identificar señales de área que este exceden uno o más umbrales y que se refieren a una aceleración positiva (es decir, un incremento de velocidad) y determinar para cada uno si existe una señal de área posterior que exceda al uno o más umbrales y que se refiera a una aceleración negativa (es decir, una velocidad decreciente).

30 Un evento de apertura o cierre se caracteriza típicamente mediante la incidencia de un par de eventos de aceleración sustancialmente iguales y opuestos: una primera aceleración en una primera dirección cuando la puerta o cajón se mueven inicialmente desde el reposo, seguida de un corto tiempo posterior por una segunda aceleración en una dirección opuesta a medida la puerta o cajón se llegan a detener, o bien en una posición abierta o en una posición cerrada.

35 Se puede asegurar una precisión mayor cuando se detectan eventos de apertura o cierre genuinos, en oposición al ruido de fondo, llamadas accidentales u otros eventos de movimiento naturales no inducidos por el usuario buscando dichos pares de características de señales sustancialmente iguales y opuestas, que suceden, por ejemplo, dentro de algún tiempo de umbral predeterminado de una a otra.

40 Obtener la señal puede comprender en primer lugar obtener una salida de sensor, y posteriormente procesar dicha salida para extraer un componente direccional único, la dirección correspondiente a una dirección del movimiento del sensor.

45 Un sensor de movimiento típico puede por ejemplo proporcionar señales de salida representativas del movimiento en dos o tres dimensiones espaciales, mientras que sólo datos de movimiento correspondientes a la dirección primaria de movimiento son de interés para determinar eventos de apertura-cierre. Los desplazamientos en la señal de sensor provocados por la existencia de eventos de apertura o cierre se manifestarán únicamente en los componentes de la señal correspondientes a la dirección en la cual sucedió el evento de movimiento. Se puede asegurar una sensibilidad y precisión mayores al detectar estos eventos extrayendo este componente de cualquier salida más amplia generada por el sensor.

50 De forma más particular, obtener la señal puede comprender:

60 obtener un vector de salida de sensor;
 definir un segundo vector representativo de una dirección de movimiento del sensor; y
 posteriormente realizar una operación de producto escalar sobre dicho vector de salida del sensor con respecto al segundo vector.

65

Donde se normaliza el segundo vector, un producto escalar con el vector de salida genera un valor único que representa el componente del vector de salida en la dirección primaria del movimiento del sensor. Estos valores de componente pueden ser entonces utilizados para propagar los valores de la señal posteriormente para ser utilizados dentro del resto del método.

5 En un modo de realización, el segundo vector que representa una dirección de movimiento de sensores es definido realizando un proceso de análisis de componente principal sobre uno o más componentes del vector de salida de sensor obtenido.

10 En este caso, el método se puede realizar independientemente de la orientación o disposición del sensor de movimiento, dado que la dirección de movimiento relativa al sensor se calcula de forma automática como una parte del método. De forma alternativa, el método debe ser adaptado a una dirección de movimiento predefinida (relativa) particular, que requiera un sensor de movimiento que esté alineado en una orientación particular con el fin de que el método sea efectivo.

15 Adicionalmente a esto, obtener el vector de salida de sensor en sí mismo puede comprender en primer lugar obtener un vector de salida tridimensional inicial y posteriormente procesar dicho vector de salida inicial para extraer componentes en el plano perpendicular a la dirección de gravedad.

20 Donde la dirección primaria de movimiento del sensor, o bien rotacional o bien lineal está en el plano horizontal, con respecto a la gravedad, entonces cualquier señal generada por la aceleración de la gravedad puede ser filtrada a partir de una salida de sensor en 3D mediante la proyección de esta salida sobre un plano perpendicular a la dirección de gravedad. El vector de salida en 2D resultante puede ser entonces analizado de acuerdo con lo anterior de manera que se extrae del componente único correspondiente a la dirección primaria de movimiento en cualquier momento dado.

25 Con tal fin, puede definirse un par ortogonal de vectores base, los cuales atraviesan el plano perpendicular a la dirección de gravedad. El vector de salida de sensor bidimensional es expresado en términos de una combinación lineal de estos dos vectores básicos. Cada uno de los dos componentes del vector de salida de sensor bidimensional puede buscarse tomando a su vez el producto escalar del vector de salida de sensor tridimensional con cada uno de los dos vectores base definidos. De esta manera, se selecciona la salida de sensor correspondiente al movimiento sólo en el plano perpendicular a la gravedad.

30 La dirección de la gravedad con respecto al sensor de movimiento se puede determinar a través del análisis de una o más salidas de sensor. Por ejemplo, un filtro de paso bajo puede aplicarse para extraer una señal gravitacional del fluido de fondo, este último que se manifiesta típicamente como una traza de una frecuencia más alta dentro de la salida de sensor.

35 En el caso de que la dirección de movimiento primaria del sensor esté en un plano vertical (es decir, en un plano paralelo a la dirección de la gravedad), los métodos de detección de movimiento descritos anteriormente pueden ser de una eficacia limitada. Donde un evento de apertura o cierre comprende, por ejemplo, una rotación alrededor de un eje horizontal, la señal generada por la aceleración gravitacional puede interferir con la sensibilidad del método de detección. Para posibilitar la detección de los eventos de apertura o cierre en un plano vertical, se pueden añadir de forma opcional etapas adicionales a los métodos descritos anteriormente.

40 De forma correspondiente, en otro modo de realización de la invención, se proporciona un método para detectar eventos de apertura o cierre utilizando un sensor de movimiento que comprende:

45 obtener una señal a lo largo del tiempo que es dependiente del movimiento del sensor;
50 detectar mediante el análisis de la señal la existencia de cualquier evento de apertura o cierre alrededor de un eje horizontal; y

en el caso de que no se detecte la existencia de un evento de apertura o cierre alrededor de un eje horizontal, posteriormente detectar eventos de apertura o cierre de acuerdo con cualquiera de los métodos descritos anteriormente.

55 De forma más particular, la detección de la existencia de eventos de apertura o cierre alrededor de un eje horizontal puede comprender:

60 analizar la señal para determinar una dirección de gravedad a lo largo del tiempo con respecto al sensor;
detectar cambios a lo largo del tiempo en la dirección determinada de gravedad; y
detectar la existencia de eventos de apertura o cierre rotacionales basándose en una cooperación de dichos cambios detectados con uno o más umbrales.

65 En el caso de un movimiento de rotación alrededor de un eje horizontal, para un sensor que está montado con respecto al objeto en movimiento en una orientación fija, la dirección de gravedad con respecto al sensor cambia a medida que rota el objeto. Para un sensor capaz de detectar aceleraciones absolutas, la dirección de gravedad se

obtiene mediante el análisis de la salida de sensor, por ejemplo utilizando un filtro de paso bajo para identificar las orientaciones de movimiento lento características de la influencia bajo una fuerza central gravitacional.

5 Un cambio significativo en la dirección de gravedad, que sucede por ejemplo dentro de un intervalo de tiempo umbral dado, puede identificarse mediante la comparación de direcciones determinadas a lo largo del tiempo. Un cambio que exceda algún umbral predeterminado puede entonces ser utilizado como un identificador de la asistencia de un evento de apertura o cierre rotacionales.

10 Adicionalmente, el método anterior puede además comprender identificar cambios en la direccionalidad de eventos de apertura o cierre detectados de forma consecutiva, realizando una o más operaciones de producto de vector entre la dirección determinada de vectores de gravedad para cada evento de apertura o cierre detectado, e identificando cambios en la direccionalidad comparándolas direcciones relativas de los resultados de dicha una o más operaciones de producto de vector para eventos detectados de forma consecutiva.

15 En este modo de realización, las direcciones de eventos de movimiento detectadas de forma subsecuente, unos con respecto a otros, pueden determinarse de manera que los cambios en la dirección de movimiento son identificables. Donde un evento de movimiento es detectado de la manera descrita anteriormente, a través de la identificación de dos vectores de dirección de gravedad, que difieren algún ángulo umbral, determinados dentro de un tiempo dado desde otro, se puede tomar el producto cruzado entre el vector anterior y el vector posterior, dependiendo del resultado de la orientación relativa de los dos vectores dentro del sistema de coordenadas utilizado por el método. Donde un evento de movimiento en la dirección es seguido mediante un evento de movimiento en una segunda dirección opuesta, los resultados de las operaciones de producto cruzado entre vectores anteriores y posteriores tendrán direccionalidades relativas opuestas para los dos eventos. Está direccionalidad opuesta puede entonces ser detectada mediante, por ejemplo, el cálculo de un producto escalar entre los dos resultados, un resultado negativo del cual puede entonces ser utilizado para identificar un cambio en la dirección de movimiento.

20 De forma alternativa, la direccionalidad opuesta puede ser detectada mediante otros medios. Por ejemplo, vectores base que representa la dirección primaria de los resultados de producto cruzado pueden ser determinados (a través de un proceso de aprendizaje automático) y resultados de producto cruzado posteriores sujetos a una transformación de coordenadas para proyectar los sobre esos ejes. Un cambio en la direccionalidad de los eventos de movimiento se detecta entonces buscando un cambio en el signo de los resultados de producto cruzado correspondientes a eventos de movimiento consecutivos.

35 Obtener una señal a lo largo del tiempo puede comprender utilizar un acelerómetro.

La señal de salida en un acelerómetro es directamente representativa de los valores de aceleración y podría no requerir por lo tanto un procesamiento adicional con el fin de llevar a cabo los métodos descritos anteriormente.

40 De acuerdo con la invención, se proporciona un aparato para la detección de eventos de apertura o cierre.

Adicionalmente a esto, el sensor puede ser montado en el objeto móvil con un eje conocido en la dirección primaria de movimiento. El elemento de procesamiento del sistema puede ser adaptado para asumir una dirección primaria de movimiento del sensor de movimiento alineada con este eje conocido del sensor de movimiento.

45 En este caso, la dirección primaria de movimiento necesita ser calculada mediante la unidad de procesamiento como parte de la obtención de la señal a lo largo del tiempo útil, montando el sensor en alineación con la dirección de movimiento, la unidad de procesamiento puede adaptarse para obtener los componentes de señal en la dirección del movimiento mediante, por ejemplo, la realización de operaciones de producto escalar con un vector de dirección predeterminada (relativa) fija.

50 El sensor puede ser un acelerómetro.

Los eventos de apertura o cierre pueden caracterizarse por una primera aceleración en una primera dirección, seguida por una segunda aceleración en una segunda dirección opuesta.

55 De acuerdo con la invención se proporciona un producto de programa por ordenador para implementar el método de la invención. De forma preferible al menos las tres últimas etapas del método de la invención son implementadas en el producto de programa. Un microprocesador puede ser un microprocesador del tipo basado en un semiconductor regular tal como una unidad de procesamiento central de un ordenador o un dispositivo portátil. Medios de almacenado pueden ser cualquier tipo de medios para almacenar digitalmente datos y el código de programa. La red de comunicaciones puede ser cualquier red adecuada tal como una LAN, WAN wifi u otra red inalámbrica.

Breve descripción de los dibujos

65 Ejemplos de la invención se describirán ahora en detalle con referencia los dibujos que acompañan en los cuales:

La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un primer método de ejemplo para detectar eventos de apertura y cierre de acuerdo con la invención;

La figura 2 muestra un ejemplo de una traza de señal que representa un componente direccional único extraído del movimiento;

5 La figura 3 muestra un ejemplo de una traza de señal que representa los resultados de integrar una salida de sensor entre puntos de cruzamiento nulos;

La figura 4 muestra un ejemplo de trazas de señal emitidas por un sensor de movimiento 3D;

La figura 5 muestra un diagrama esquemático de un método de ejemplo para detectar eventos de apertura y cierre de acuerdo con la invención; y

10 La figura 6 muestra un ejemplo de un aparato para detectar eventos de apertura y cierre de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de los modos de realización

15 La invención proporciona métodos para una detección fiable y precisa de la apertura o cierre de puertas o cajones utilizando señales de salida generadas por un sensor, las señales de salida representativas directamente o indirectamente de la aceleración del sensor a lo largo del tiempo. Se determinan áreas por debajo de la curva para la aceleración o representaciones de las mismas, y la existencia de eventos de movimiento identificados a través de la comparación de las áreas calculadas con ciertos umbrales. Las áreas se consideran que se extienden entre puntos de cruzamiento nulos de la curva de aceleración, de tal manera que todos los elementos de la suma correspondiente son del mismo signo, y las señales de área consecuentes tienen una amplitud máxima. Se pueden buscar pares de señales de área sustancialmente iguales y opuestas, que sucedan dentro de la separación temporal dada, estas características de un movimiento de apertura o cierre, consisten en una primera aceleración en una primera dirección seguida de una segunda en una dirección opuesta. Son también proporcionados aparatos para la detección fiable de eventos de apertura o cierre.

20

25

En los ejemplos posteriores se describen métodos para analizar una o más salidas de sensor en los cuales se hace referencia a características tales como puntos de datos, líneas de tendencia, curvas y otros conceptos explícitamente gráficos. Donde se emplea dicha terminología, se debe entender siempre como potencialmente figurativa y sin limitarse a metodologías abiertamente gráficas. La curva de términos, la traza o la línea de tendencia por ejemplo se puede entender que significan elementos gráficos o de forma relativa, representaciones equivalentes matemáticamente de los mismos. Las expresiones, donde se empleen, están pensadas como atajos diacríticos o pictóricos a métodos o procedimientos de explicación que se pueden llevar a cabo de cualquier número de maneras, pero en términos que se mapeen en métodos para llevar a cabo estos objetivos empleados frecuentemente por expertos.

30

35

La figura 1 se muestra un diagrama gráfico que representa un primer ejemplo de método de acuerdo con la invención. Una señal es obtenida primero a partir de un sensor de movimiento a lo largo del tiempo en la etapa 1, la señal representativa directamente o indirectamente de la aceleración. Las señales después analizadas en la etapa 2 con el fin de identificar dos o más puntos de cruzamiento nulos de la señal en los puntos en el tiempo en los cuales se indica por la señal que la aceleración del sensor cruza el nivel nulo. Una vez que se han identificado dos o más de tales puntos, se determina uno o más valores de señal de área en la etapa 3, en donde estos valores representan áreas bajo una curva de aceleración entre puntos de cruzamiento nulos. Finalmente, los valores de señal de área determinados son comparados con uno o más valores de umbral en la etapa 4 con el fin de identificar intervalos de tiempo correspondientes con la existencia de un evento de apertura o cierre.

40

45

En el ejemplo más simple de la invención, se captura una señal la cual es continua y que he representativa directamente de la aceleración del sensor a lo largo del tiempo. Una señal capturada es posteriormente analizada con el fin de identificar puntos en el tiempo que son indicados como correspondientes a momentos en los cuales la aceleración del sensor pasa por cero. En el caso de una señal continua en el tiempo, esto corresponde simplemente a determinar puntos a lo largo de una traza de señal continua en la cual el valor de señal es nulo, y por tanto donde la traza de señal cruza de valores positivos a negativos y viceversa.

50

En el caso de que se capture una señal no continua, por ejemplo, a partir de un sensor que emite valores de datos discretos en intervalos de tiempo regulares, los puntos de cruzamiento nulos puede que no coincidan con ninguna salida de puntos de datos por el sensor; no hay un punto de datos con un valor de señal de cero. En este caso, la identificación de puntos de cruzamiento nulos se puede lograr menos directamente, a través de puntos de determinación en el tiempo en los cuales se indica por los valores de datos discretos que la señal de salida continua correspondiente que ha sido mostrada cruza el nivel cero. Por ejemplo, deben buscarse los puntos de datos adyacentes que tienen valor de señal de signo diferente, y los puntos de cruzamiento nulos definidos como esos puntos que caen temporalmente equidistantes a cada punto en dicho par. O, en otro ejemplo, el procesamiento se puede realizar para adaptarse a una línea de tendencia a valores de datos discretos emitidos por el sensor, y dicha línea de tendencia ser analizada posteriormente para cruzamientos nulos de la misma manera que para una señal continúa.

55

60

65

Este proceso requiere que sea bien definido un nivel nulo para la señal. En un caso más simple, el sensor es suficientemente bien calibrado como para que un nivel cero esté ya bien definido, y corresponde al número cero, de manera que los puntos de datos calculados tengan una polaridad positiva o negativa dependiendo de la direccionalidad de la aceleración detectada. En ejemplos alternativos, sin embargo, se puede definir bien el nivel nulo pero puede que no corresponda con un valor numérico de cero, es decir, todos los valores de datos de salida tienen una polaridad positiva y el nivel nulo corresponde algún valor de desfase de CC. En este caso, se podría aplicar un procesamiento adicional para determinar primero un valor de desfase de CC y para sustraer posteriormente el valor determinado de cada valor de señal. La determinación de los puntos de cruzamiento nulos puede realizarse entonces identificando puntos en los cuales la señal indica que la aceleración cruza el valor del cero absoluto.

En un ejemplo alternativo, sin embargo, el valor de desfase de CC se puede determinar y posteriormente identificar puntos de cruzamiento nulos simplemente encontrando puntos en el tiempo en los cuales la señal indica que la aceleración cruza el valor de CC determinado.

La estimación de un valor de CC se podría lograr, por ejemplo, a través del uso de un filtro de paso bajo (LPF), y en particular un filtro de media móvil (MA). Dicho filtro es de una complejidad baja. Un inconveniente potencial sin embargo es que pueden aparecer transitorios de manera que la señal de aceleración de un movimiento de apertura o cierre, un par alternado de señales de aceleración y deceleración, se “extenderá” con excursiones adicionales próximas a las verdaderas debidas al movimiento. En general, sin embargo, este efecto se puede tolerar. Una manera de suprimir las excursiones transitorias, por ejemplo, es utilizar un filtro no lineal, tal como un filtro de mediana.

Una vez que se han identificado dos o más puntos de cruzamiento nulos, la señal se procesa adicionalmente para determinar valores que representan áreas por debajo de la curva de aceleración entre puntos de cruzamiento nulos identificados. En el caso de una salida de señal continua, se puede determinar un área por debajo de una curva simplemente a través de un proceso de integración, realizado entre límites definidos, en el caso más simple, mediante puntos de cruzamiento nulos. Tal y como se explicó anteriormente, tomando puntos de cruzamiento nulos como los límites de integración, se consigue una sensibilidad máxima de detección, dado que todas las muestras en la suma tienen un signo idéntico. Las fluctuaciones arbitrarias en la señal (ruido y similares) tendrán una alteración frecuente alrededor del nivel nulo y por tanto su suma acumulativa (entre cualquier par de puntos nulos) sigue siendo pequeña.

Tras el movimiento de la puerta/cajón habrá una aceleración para comenzar el movimiento y una deceleración para finalizar el movimiento. En ambos momentos, la aceleración tendrá alguna excursión alejada del cero. Adicionalmente, esta excursión aparecerá en un par de signos opuestos, donde el orden es dependiente de la dirección del movimiento. Esto permite la posibilidad de distinguir entre un evento de apertura y un evento de cierre.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de una traza 20 de señal obtenida de un sensor que representa la aceleración del sensor en una dirección primaria del movimiento, a lo largo del tiempo. Un evento de apertura/cierre es justo identificable en el centro de la traza, marcado mediante el par característico de picos señalados de forma opuesta. Un conjunto de valores de muestra es mostrado como 22, con los dos primeros marcados consecutivamente 22a, 22b.

La figura 3 muestra una traza 24 es señal que representa la señal 20 de la figura 2 una vez que se ha realizado la integración entre los puntos de cruzamiento nulos. La traza 24 es por lo tanto una representación continua de señales de área calculadas en la etapa 3 del método explicado con referencia la figura 1. Los valores 22 muestreados de la señal 20 son solapados en el mismo orden, en correspondientes puntos de tiempo de la señal 24. Se puede apreciar que el valor 22b demuestra mostrado en la figura 2, que coincide con el pico menor final de la señal 20 antes de que se cruce el punto nulo, corresponde a la punta del primer 26 pico de los dos picos 26, 28 de la señal 24.

En comparación con la señal de la figura 2, los picos en la señal 24, que representan la (primera) aceleración y la (segunda) deceleración de un evento de apertura cierre son visibles claramente y distinguibles claramente del ruido de fondo.

La integración se puede realizar a través de todo o sólo parte del rango temporal atravesado por cada par de puntos de cruzamiento nulos, aunque se prefiere el primero. En caso del último, los límites de integración no se definen necesariamente por los puntos de cruzamiento, sino de acuerdo con algún otro esquema elegido. Sin embargo, los límites, aun así caen dentro de un rango limitado por paredes relevantes de puntos de cruzamiento nulos.

En el caso de una salida no continua, los valores que representan áreas bajo las curvas deberían ser determinados de forma diferente. En el caso de que una línea de tendencia continua se ajuste a puntos de salida de datos discretos, las áreas por debajo de las curvas se pueden calcular de la misma manera que para una salida de sensor continua, es decir, a través de la integración de la curva de tendencia entre puntos de cruzamiento nulos, o bien totalmente o parcialmente. En el caso de que puntos de datos discretos adyacentes estén conectados simplemente

mediante líneas rectas, tales como una línea de tendencia emergente en cálculos no suaves de “curvas por debajo de áreas” se puede reducir simplemente a una suma de “áreas de paralelogramos”.

5 De forma alternativa de nuevo, las áreas son contempladas como puramente figurativas, y las “áreas por debajo de las curvas” se manifiestan simplemente mediante sumas de múltiples valores de señal, donde los multiplicadores son los intervalos de tiempo entre los puntos de señal. Donde un sensor emite de forma fiable valores en intervalos de tiempo dados, todos los multiplicadores son los mismos, en cuyo caso pueden ser reemplazados de forma efectiva mediante un multiplicador enfrente de toda la suma, igual al número de puntos de datos que constituyen la suma.

10 Se ha de señalar que, en todos los ejemplos anteriores, si se calcula un valor de CC, pero no se sustrae, las señales de área pueden necesitarse que se corrijan mediante la sustracción de cada uno de un producto del valor de polarización de CC con el intervalo de tiempo atravesado correspondiente al área calculada dada.

15 Una vez que se han generado uno o más valores que representan áreas bajo las curvas de aceleración entre puntos de cruzamiento nulos, estas “señales de áreas” son comprobadas para pasar uno o más umbrales. Donde el valor absoluto de una señal de área excede a uno o más umbrales, esto se puede utilizar para identificar el intervalo particular en el tiempo correspondiente con la existencia de un evento de movimiento.

20 Un valor típico para un umbral puede ser por ejemplo 0,04 (en unidades de m/s). En la figura 3 se marca este umbral 30 de ejemplo para una aceleración 18 positiva y un umbral 32 para una aceleración negativa, solapados en la señal 24 de la curva bajo el área. Este valor asume que, en la integración de la curva bajo el área, el resultado ha sido multiplicado el tiempo de muestra, de manera que la suma se normaliza a la frecuencia de muestreo. El umbral se puede hacer configurable por el usuario, o adaptativo. En este último caso, el valor empleado puede, por ejemplo, adaptarse de acuerdo con los resultados a partir de movimientos de apertura/cierre (más tempranos) realizados por el usuario.

30 Donde la señal de sensor capturada proporciona una representación directa de la aceleración de la señal de sensor a lo largo del tiempo, la detección de los eventos de apertura o cierre se puede lograr mediante la aplicación de los métodos anteriores directamente a la salida de sensor. Sin embargo, en el caso en el que una señal es capturada la cual es representativa sólo indirectamente de la aceleración del sensor a lo largo del tiempo, se debería aplicar un procesamiento adicional a la salida de sensor en bruto antes de que se aplique el método principal.

35 Por ejemplo, se podría capturar una señal podría la cual es representativa de la velocidad del sensor, con respecto al terreno. En este caso, una señal que representa la aceleración debería ser obtenida simplemente diferenciando la señal de salida de sensor con respecto al tiempo. En otro ejemplo, la señal podría ser representativa de un desplazamiento del sensor, con respecto algún punto de referencia externa fijo. En este caso, una señal de aceleración podría ser obtenida de nuevo mediante una operación de diferenciación, esta vez aplicada dos veces, con respecto al tiempo. Se ha de señalar que en ambos casos la operación de diferenciación elimina cualquier polarización de la CC, y por lo tanto, se cumple automáticamente esta etapa en el método.

40 Dado que, para un evento de apertura o cierre típico, la puerta o cajón en cuestión no tendrá movimiento antes y después del movimiento de apertura o cierre, la señal de aceleración correspondiente comprenderá tanto una parte de aceleración como una parte de deceleración. Por tanto, la señal de integración correspondiente al evento de movimiento producirá un par de picos de polaridad opuesta, tal y como se muestra en la figura 3, como los picos 26 y 28. Se puede asegurar una precisión más grande al detectar eventos de apertura o cierre genuinos, en oposición al ruido de fondo, golpes accidentales, u otros eventos de movimiento no inducidos por el usuario naturales buscando no solo áreas de señales individuales que excedan uno o más valores de umbral, sino para dichos pares característicos de señales sustancialmente iguales y opuestas, que suceden, por ejemplo, desde algún tiempo umbral predeterminado a otro.

50 Por tanto, en un modo de realización de la invención, en el caso en el que un paso de umbral se encuentra para una señal de área dada, dicha señal es entonces comprobada para un paso de umbral que acompaña de signo opuesto. Opcionalmente, ambas señales de área pueden ser después adicionalmente comprobadas para determinar si caen dentro de algún rango de tiempo restringido definido. En este ejemplo, sólo en el caso en que ambos pasos se encuentren en próxima co-ocurrencia, se determina que se ha producido el evento de apertura/cierre. Si el segundo pase tiene mismo signo del primer pase, entonces el segundo pase puede asegurar el papel de (potencial) el primer pase. Si ha sido pasado el tiempo de co-ocurrencia, todos los pases umbrales son descartados.

60 Adicionalmente, se puede determinar además el orden en el que suceden las polaridades, y esta información utilizada para informar acerca de la dirección del movimiento, o bien de “apertura” o de “cierre”. Sin calibración, no es posible determinar en un sentido absoluto cuáles eventos de movimiento corresponden a una apertura y cuáles a un cierre. En un enfoque alternativo, se puede utilizar heurística para distinguir absolutamente entre apertura y cierre. Por ejemplo, se puede asumir que una puerta o un cajón está mayormente cerrado, y eventos de una dirección opuesta que se producen unos cerca de otros en el tiempo constituyen un evento de apertura (primer) seguido de un cierre (segundo).

También podría ocurrir que los eventos tengan un signo de dirección igual. Cuando estos ocurren próximos en el tiempo, indica una apertura adicional, por ejemplo, y podrían agrupar de forma correspondiente como un solo evento (apertura). Otros agrupamientos podrían aplicarse de forma adicional o de forma alternativa, dependiendo de la aplicación pretendida de la invención. Por ejemplo, eventos de apertura y cierre consecutivos (diferenciados entre sí a través de los métodos descritos anteriormente) podrían agruparse como un único evento de un tipo particular tal como un “evento de uso de un cajón” o “un evento de acceso a un armario”.

En general el sensor de movimiento típico puede proporcionar señales de salida representativas del movimiento en dos o tres dimensiones espaciales. Sin embargo, sólo los datos del movimiento correspondientes a una dirección primaria del movimiento son de interés para determinar los eventos de apertura-cierre. Desplazamientos en la señal del sensor provocados por la existencia de un evento de apertura o cierre se manifestarán únicamente en los componentes de la señal correspondiente a la dirección en la cual sucede el evento de movimiento. Se puede asegurar una sensibilidad y precisión mayores para detectar estos eventos extrayendo este componente de cualquier salida más amplia generada por el sensor.

Por tanto, en un modo de realización de la invención, una señal 20 es obtenida a través de una primera obtención de una salida 40 de sensor multi-dimensional tal y como se mostró en la figura 4, y posteriormente procesando dicha salida para extraer un componente direccional único, la dirección correspondiente una dirección de movimiento del sensor.

Las señales 40 de salida generadas por un sensor de movimiento 3D son mostradas en la figura 4, en donde señales 42, 44, 46 separadas son capturadas correspondiendo al movimiento en las direcciones X, Y y Z (con respecto a un sistema de coordenadas del sensor) respectivamente. Las señales 40 son procesadas posteriormente para extraer una señal única tal como una señal 20 mostrada en la figura 2 y representativa del movimiento en la dirección primaria de movimiento del sensor. Un evento de apertura/cierre es justo visible alrededor del centro de la traza 44 en la dirección Y. En la figura 2, este evento se prevé de forma más clara en la señal 20 unidimensional extraída.

En un ejemplo, la estación de un componente 20 direccional único se logra a través de la realización de una operación de producto escalar entre la salida 40 multi-dimensional del sensor de movimiento, esta salida que se puede representar como un vector, y un segundo vector definido para representar una dirección primaria del movimiento del sensor. En algunos casos, el segundo vector de dirección puede ser conocido por adelantado. Por ejemplo, donde el sensor está fijado en una puerta o panel de cajón tal que su eje z apunta en la dirección de apertura/cierre primario, el proceso de extracción del componente 20 direccional único se puede simplificar a meramente una selección de alta codificación de la señal del sensor en el eje z (donde en este caso no se ha utilizado, por el contrario, por ejemplo, un sensor mono-axial).

En general, sin embargo, el eje primario de movimiento puede variar. Por ejemplo, en el caso de un cajón deslizante, el sensor podría estar montado en la pared lateral del cajón, posiblemente girado un cierto grado, de manera que el eje (horizontal) principal es una combinación de los ejes del sensor a lo largo de dicha pared lateral. El sensor podría también estar dispuesto en la parte inferior del cajón, posiblemente inclinado y con ningún eje de sensor único paralelo a la dirección de deslizamiento.

En este caso general, de acuerdo con un modo de realización, se puede realizar un algoritmo con el fin de determinar la dirección de movimiento principal. Este algoritmo puede ejecutarse de forma continua, o de forma alternativa se puede activar únicamente durante una fase de calibración particular, después de la cual la dirección principal permanece fija. En este caso, la carga de computación y por tanto el consumo de batería se puede ahorrar. Opcionalmente, adicionalmente, la calibración se puede comprobar después de algún periodo de uso.

Más abajo se describe un ejemplo de un algoritmo que se puede emplear en la determinación de una dirección primaria de movimiento, para los propósitos de extraer un componente correspondiente único de una salida de sensor multi-componente. Otros métodos de algoritmo existen y podrían aplicarse en lugar del ejemplo descrito más abajo.

De acuerdo con un ejemplo, la primera etapa para encontrar la dirección principal es encontrar dos vectores que atraviesan el plano (horizontal) en el cual se dispone dicha dirección principal. La normal al plano es dada por la dirección de la gravedad que se puede estimar mediante el análisis de una o más salidas de sensor. Por ejemplo, un filtro de paso bajo puede aplicarse para extraer la señal gravitacional del ruido de fondo, esta última se manifestará típicamente como una traza de frecuencia mucho mayor dentro de la salida de sensor. Preferiblemente, se utiliza un filtro no lineal como un filtro de mediana, de manera que los efectos transitorios son minimizados. De forma opcional, se puede aplicar un filtro adicional para suavizar adicionalmente la señal de dirección. Por ejemplo, se selecciona sólo parte de la señal donde hay poca o ninguna actividad (por ejemplo una varianza baja).

Dada la dirección de la gravedad, en el sistema de coordenadas de sensor, se pueden encontrar dos vectores de extensión (por ejemplo, base) que se extiende tal como sigue (aunque son concebibles otros métodos). Se requieren dos vectores independientes linealmente, ambos octogonales a la dirección de la gravedad. Señalando la dirección

ES 2 680 476 T3

de la gravedad mediante $g = (g_x, g_y, g_z)$ se puede encontrar un primer vector, por ejemplo, a través de la construcción:

$$\mathbf{a}_{x0} = (g_y - g_z, g_z - g_x, g_x - g_y)$$

5 Se puede verificar directamente que \mathbf{a}_{x0} es ortogonal a g computando su producto de punto. Un segundo vector base puede entonces encontrarse computando el producto (cruzado) de vector de g y \mathbf{a}_{x0} :

$$\mathbf{a}_{x1} = \mathbf{g} \times \mathbf{a}_{x0}$$

10 El producto cruzado asegura que \mathbf{a}_{x1} es ortogonal tanto a \mathbf{a}_{x0} como a g , y adicionalmente el orden elegido de g y \mathbf{a}_{x0} en el producto cruzado asegura que el resultado del producto cruzado $\mathbf{a}_{x0} \times \mathbf{a}_{x1}$ apunta en la dirección de g . El \mathbf{a}_{x0} , \mathbf{a}_{x1} así encontrado se dispone en el plano horizontal.

15 Siguiendo esto, la señal de aceleración (3D) es proyectada en los ejes definidos por el par encontrado anteriormente de vectores base, obteniendo de esta manera dos señales 1D, accP0 y accP1 , estos componentes que representan la aceleración en el plano horizontal. La proyección puede por ejemplo ser ejecutada mediante una primera normalización de los vectores \mathbf{a}_{x0} y \mathbf{a}_{x1} a un tamaño unitario

$$20 \quad \hat{\mathbf{a}}_{x0} = \mathbf{a}_{x0} / |\mathbf{a}_{x0}| \quad \hat{\mathbf{a}}_{x1} = \mathbf{a}_{x1} / |\mathbf{a}_{x1}|$$

y computando posteriormente a lo largo de la muestra el producto escalar de la señal de aceleración 3D, acc , con cada vector \mathbf{a}_x normalizado, es decir

$$25 \quad \text{accP0} = \text{acc} \cdot \hat{\mathbf{a}}_{x0} \quad \text{accP1} = \text{acc} \cdot \hat{\mathbf{a}}_{x1}$$

accP0 y accP1 se disponen en el plano horizontal, es decir, perpendicular a la dirección de la gravedad. El componente primario de la aceleración, es decir el componente correspondiente a la dirección primaria del movimiento, será alguna combinación lineal de estas dos señales 1D.

30 La dirección del movimiento en el plano horizontal se puede encontrar a través de un proceso de análisis de componente principal (PCA) aplicado a las dos señales de aceleración 1D. El PCA es bien conocido en la técnica. Un ejemplo de aplicación del proceso se describe a continuación.

35 Las señales 1D, accP0 y accP1 , se observan a lo largo de un segmento con un tamaño de ventana de típicamente 0,4 segundos. Para esta ventana, sus valores medios (μ_0 , μ_1) son computados y sustraídos de los valores de muestra obtenidos por las señales a lo largo del periodo de ventana. Los valores así obtenidos son utilizados posteriormente para computar valores de varianza (cov_{00} , cov_{11}) y de covarianza (cov_{01}) correspondientes:

$$\text{cov}_{00} = 1/N \sum (\text{accP0} - \mu_0)^2$$

$$\text{cov}_{11} = 1/N \sum (\text{accP1} - \mu_1)^2$$

$$40 \quad \text{cov}_{01} = 1/N \sum (\text{accP0} - \mu_0) (\text{accP1} - \mu_1)$$

donde N es el número de muestras obtenidas a través de la duración de la ventana (de forma alternativa, N se puede omitir en este caso, dado que no afecta a los resultados aparte del escalado de los resultados intermedios).

45 De nuevo, tal y como se conoce en la técnica, los componentes principales se pueden encontrar a través de un análisis de valores propios de la matriz de covarianza.

$$\underline{M} = \begin{pmatrix} \text{cov}_{00} & \text{cov}_{01} \\ \text{cov}_{01} & \text{cov}_{11} \end{pmatrix}$$

50 Dado que la matriz de covarianza es de 2x2, los valores propios se pueden expresar fácilmente en forma cerrada:

$$\lambda_0 = (\text{cov}_{00} + \text{cov}_{11})/2 + \sqrt{((\text{cov}_{00} - \text{cov}_{11})^2/4 + \text{cov}_{01}^2)}$$

$$\lambda_1 = (\text{cov}_{00} + \text{cov}_{11})/2 - \sqrt{((\text{cov}_{00} - \text{cov}_{11})^2/4 + \text{cov}_{01}^2)}$$

Adicionalmente, dado que en la dirección principal es la única de interés, el valor propio principal correspondiente puede ser identificado como λ_0 , dado que siempre $\lambda_0 > \lambda_1$. El valor q_0 propio correspondiente a λ_0 (es decir tal que $\underline{M}q_0 = \lambda_0 q_0$) también puede ser expresado en la forma cerrada. Por ejemplo:

$$\mathbf{q}_0 = q_x \hat{\mathbf{a}}_{x0} + q_y \hat{\mathbf{a}}_{y1} = (q_x, q_y) = \text{normalize}((\text{cov}_{01}, \lambda_0 - \text{cov}_{00}))$$

5 El vector q_0 proporciona la dirección principal de movimiento en el plano horizontal, y, por tanto, el componente 1D de aceleración en esa dirección sigue como:

$$\text{accPC} = \mathbf{q}_0 \cdot \text{accP} = q_x \cdot \text{accP0} + q_y \cdot \text{accP1}$$

10 Una pequeña incertidumbre permanece en la cual el signo de q_0 es arbitrario y puede cambiarse en una dirección opuesta en un conjunto siguiente de covarianzas calculadas. Dicho cambio podría también activar un cambio de signo en accPC, lo cual podría ser artificial y no conectado con nada físico. En un ejemplo, este efecto podría estabilizarse a través de la computación únicamente de un vector propio para el segmento completo o, de forma alternativa, si se computa un vector propio por muestra, para memorizar el vector propio computado en el ciclo anterior y para comprobar si el producto escalar entre el actual vector y el previo tiene un resultado negativo. Asumiendo un pequeño cambio en la dirección, el producto escalar debería ser siempre positivo, indicando un resultado negativo al menos un cambio de signo en el resultado de computación. En el caso en el que el producto escalar es negativo, tanto q_x como q_y invierten su signo.

20 En el caso en el que la dirección primaria del movimiento de sensor no está en un plano horizontal (es decir, en un plano perpendicular a la dirección de la gravedad) los métodos de detección de movimiento descritos anteriormente pueden ser de una eficacia limitada. En particular, cuando un evento de apertura o cierre comprende una rotación alrededor de un eje horizontal o casi horizontal (con respecto a la gravedad) la señal cambiante de forma continua generada por la aceleración de gravedad a lo largo de este giro, inunda la señal de aceleración pequeña generada por la propia rotación, haciendo difíciles de detectar los eventos de apertura y cierre. Para permitir la detención de dichos eventos de apertura o cierre alrededor de un eje horizontal, por lo tanto, se pueden añadir de forma opcional etapas adicionales a los métodos descritos anteriormente.

30 De hecho, se ha de señalar que, en la práctica, la rotación alrededor de cualquier articulación que no es perfectamente vertical (es decir perfectamente alineada con la dirección de la gravedad) generará señales de aceleración con un grado más pequeño más grande de la "interferencia" gravitacional descrita anteriormente. Se puede definir por lo tanto en la práctica algún rango de ángulos de articulación horizontales o casi horizontales, la rotación alrededor de los cuales necesita la aplicación de etapas adicionales para detectar, aunque para ángulos que se desvían menos de la vertical, los métodos descritos hasta ahora pueden ser suficientemente efectivos. Meramente para facilidad en la explicación, sin embargo, en la descripción que sigue, se hace referencia a las etapas que pertenecen al evento de rotación alrededor de ejes "horizontales" per se. Esto sin embargo no está destinado a limitar, sino más bien a una abreviación, y debería leerse y entenderse dentro del contexto de las consideraciones discutidas en este documento.

40 De forma correspondiente, en otro modo de realización de la invención, los eventos de apertura o cierre de rotación alrededor de un eje horizontal son comprobados de forma adicional a través de los cambios de monitorización en la dirección detectada de gravedad (con respecto al sensor). En un ejemplo, esto se logra a través de la computación del producto escalar entre la dirección g_1 gravitacional actual y g_0 , unos pocos segundos antes, por ejemplo 1 segundo. La señal de gravedad (generada por ejemplo aplicando un filtro de paso bajo una señal de salida de sensor) se normaliza de forma preferible a un tamaño unitario, de tal manera que el producto escalar es influenciado menos por las aceleraciones accidentales de otra naturaleza que la de giro. El producto escalar computados comparado con uno o más umbrales con el fin de determinar si ha sucedido un evento de giro. En un ejemplo, el umbral para el evento de apertura/cierre debería expresarse en términos del coseno del ángulo mínimo sobre el cual debe producirse el giro, es decir, en el caso de vectores g normalizados):

$$\mathbf{g}_0 \cdot \mathbf{g}_1 \leq |\mathbf{g}_0| |\mathbf{g}_1| \cos\theta = \cos\theta$$

55 Un umbral típico para el producto escalar podría ser de 0,9, que se corresponde a una separación angular de aproximadamente 25°.

60 En un ejemplo, en el caso en el que se detecte un cambio, se realiza una etapa opcional adicional para determinar la dirección del evento de giro (apertura o cierre), dada la libertad de montaje y el modo de giro (una articulación superior o una articulación inferior) no es posible determinar aisladamente si una rotación corresponde a una apertura o cierre, pero se distingue entre los dos es posible. De forma alternativa, como en el caso del movimiento horizontal anterior, se puede utilizar en heurística para distinguir absolutamente entre la apertura y el cierre. Por ejemplo, se podría asumir que la puerta está mayormente cerrada y que los eventos en una dirección opuesta

suceden próximos entre sí en el tiempo constituyendo un evento (primer) de apertura seguido de un (segundo) de cierre.

5 Un método posible para distinguir los eventos de apertura de los de cierre es observando el producto (cruzado) de vector para los dos vectores g_0 , g_1 de dirección de gravedad (en donde los dos son medidos un segundo después y tienen un producto escalar más pequeño que el valor umbral designado). El resultado del producto de vector cs_1 es almacenado es comparado con el computado en el caso anterior en el cual se encontró el valor umbral, cs_0 . Al inicio cs_0 se establece nulo (0,0,0). La comparación comprende calcular el producto escalar entre los dos $cs_0 \cdot cs_1$. En el caso en el que el producto escalar es positivo para girar en la misma dirección que el evento de giro previo. Por ejemplo, si se realizó una apertura en el último caso, el evento actual es también un evento de apertura (o posiblemente incluso el mismo). En el caso en el que el producto escalar es negativo, indica el giro actual en una dirección diferente a la última. Opcionalmente, el evento actual puede ser comprobado adicionalmente para determinar si ha transcurrido una cierta cantidad de tiempo desde el evento previo, por ejemplo, 1 segundo.

15 Adicionalmente, si el producto escalar $cs_0 \cdot cs_1$ es negativo, la variable cs_0 almacenada es actualizada de manera que sea igual a cs_1 . De esta manera el siguiente paso umbral de los vectores g_0 , g_1 de dirección de gravedad desde el mismo evento de apertura/cierre no resultará en un próximo producto escalar negativo. Una mejora adicional se puede lograr también actualizando cs_0 de esta manera en el caso de que el producto escalar $cs_0 \cdot cs_1$ sea positivo. En particular, la norma de cs_1 el mayor que la de cs_0 , entonces cs_0 se actualiza a cs_1 . Dado que g_0 y g_1 tienen un tamaño unitario, la magnitud de su producto cruzado es igual al seno del ángulo que los separa. Por tanto, una normal mayor refleja un ángulo mayor entre g_0 y g_1 , es decir, un giro más grande.

25 En la figura 5, se presenta un diagrama esquemático de un modo de realización del método que incorpora un número de características de ejemplo descritas anteriormente. De acuerdo a este modo de realización, la señal multi-dimensional del sensor es calibrada en la etapa 50 antes del funcionamiento. El flujo del proceso principal del método comienza con una estimación de la dirección de gravedad en la etapa 52 seguida de una comprobación para los eventos de apertura o cierre alrededor de un eje de articulación en la etapa 54, ambos de acuerdo con los métodos descritos en los ejemplos anteriores, o de otro modo.

30 En el caso en el que se detecte un evento de apertura/cierre alrededor de un eje horizontal, se pueden ejecutar algunos eventos adicionales de forma consiguiente en la etapa 56, y se suspende el resto del flujo de proceso. El método puede entonces, por ejemplo, ser reiniciado quizás saltándose la calibración 50 para comenzar de nuevo en la estimación de la dirección de la gravedad en la etapa 52.

35 En el caso en el que no se detecte un evento de apertura o cierre alrededor de un eje horizontal, el flujo de proceso se transfiere hasta la detección de los eventos de apertura/cierre alrededor de un eje vertical, o linealmente como en el caso del movimiento de un cajón. En el ejemplo de la figura 5, se obtiene un componente de señal unidireccional en la etapa 58 determinando en primer lugar un par de vectores base que atraviesan el plano horizontal y posteriormente utilizando estos para determinar un vector que representa una dirección primaria de movimiento del sensor en la etapa 60 (ambos de acuerdo con los métodos descritos anteriormente, o de otro modo). Un componente de señal único que representa el movimiento en esta dirección es después extraído en la etapa 62.

45 Siguiendo a esto se ejecutan las tres últimas etapas del método del modo de realización de la figura 5: primero la señal obtenida a través de las etapas 58, 60, 62 se analiza con el fin de identificar dos o más puntos de cruzamiento nulos de la señal en la etapa 64; puntos en el tiempo en los que se indica por la señal que la aceleración del sensor cruza el nivel nulo. Una vez que los dos o más de dichos puntos han sido identificados, se determinan uno o más valores de señal de área en la etapa 66, en la que estos valores representan áreas bajo una curva de aceleración entre puntos de cruzamiento nulos. Finalmente, los valores de señal de área determinados son comparados con uno o más valores de umbral en la etapa 68 con el fin de identificar intervalos de tiempo correspondientes a la existencia de un evento de apertura o cierre. En el caso en el que se detecte un evento de apertura/cierre, de nuevo se pueden ejecutar algunos eventos adicionales en la etapa 70 y posiblemente posteriormente se reinicia el flujo de proceso. En el caso en el que no se detecte un evento de apertura-cierre, el método se puede hacer cíclico de una manera continua hasta y si dicho evento es detectado.

55 La ventaja de esta invención es que son detectables todas las variedades de evento de la apertura y cierre (tanto eventos lineales horizontales como rotacionales y eventos rotacionales verticales) como parte del mismo flujo del proceso. Además, el sensor puede estar montado en cualquier orientación y cualquier posición con respecto a la puerta o cajón en cuestión, dado que las etapas son incluidas para determinar una dirección primaria del movimiento en tiempo real. De forma adicional, el recurso de procesamiento es conservado estimando una dirección de la gravedad sólo una vez, en el inicio del flujo de proceso, siendo aplicable posteriormente el resultado de este cálculo tanto en la etapa 54 como 58.

65 En la figura 6 se representa un ejemplo de un aparato para detectar eventos de apertura o cierre de acuerdo con la invención. A la puerta 80 de un armario 82 se fija a un sensor 84 de movimiento. La puerta es rotatoria alrededor de una articulación vertical, mediante la cual está fijada al armario en un borde. El sensor emite una señal a lo largo del tiempo dependiente de su movimiento. A medida que la puerta se abre o se cierra, el sensor acelera de forma inicial

desde el reposo, en una dirección azimutal (con respecto al sistema de coordenadas cilíndrico global, teniendo un vector en la dirección z base coincidente con el eje de rotación) y posteriormente, un poco tiempo más tarde, desacelera para reposar de nuevo en la dirección azimutal opuesta. De forma equivalente, con respecto al sistema de coordenadas (cartesiano) del propio sensor, hay inicialmente una aceleración en una dirección lineal positiva (la dirección tangencial del movimiento de la puerta) y posteriormente un poco tiempo más tarde, una deceleración en la dirección lineal directamente opuesta.

En el caso particular del modo de realización de la figura 6, el movimiento durante el evento de apertura o cierre es rotacional, sucediendo alrededor de la articulación vertical. Por tanto, a lo largo de la duración del movimiento del sensor, adicionalmente a la aceleración de rotación, habrá alguna aceleración (centrípeta) variable que actúa en el sensor en la dirección radial (es decir en la dirección hacia la articulación). Esta aceleración aumenta desde cero en el comienzo del movimiento (es decir cuando está en reposo) a un valor no nulo (posiblemente constante) mientras que la puerta está rotando, antes de declinar de vuelta a cero al final del giro. Sin embargo, en un modo de realización preferido, la aceleración centrípeta que no sucede en la dirección primaria del movimiento (es decir en la dirección azimutal) es filtrada de la señal de sensor, y sólo se extrae y considera la aceleración angular.

En un modo de realización, el sensor 84 está montado con un eje conocido en la dirección primaria de movimiento, de manera que un elemento de procesamiento puede ser conectado por cableado para extraer componentes en esta detección conocida y necesita utilizar un recurso de procesamiento que calcule la dirección del movimiento en tiempo real.

Varias posibilidades existen en referencia al aparato sensor utilizado para adquirir una señal. En un ejemplo, la señal es obtenida utilizando un acelerómetro. Un acelerómetro tiene la ventaja de que su salida representa una medida de la aceleración apropiada, en donde mediante aceleración apropiada se quiere decir una aceleración absoluta, incluyendo la inducida por la gravedad. Por tanto, un método que utiliza señales a partir de esta variedad de sensor no requiere ningún procesamiento adicional para generar una señal directamente representativa de la aceleración del sensor a lo largo del tiempo. Además, los modos de realización que utilizan el cambio de dirección de la gravedad para detectar los eventos de rotación alrededor de un eje horizontal se pueden implementar directamente desde la salida de sensor.

En modos de realización alternativos, sin embargo, se pueden utilizar otros tipos de sensor. En un ejemplo, se pueden emplear señales de salida de un magnetómetro para detectar los eventos de apertura y de cierre. Un magnetómetro puede utilizarse en general para proporcionar medidas de la resistencia y dirección de un campo magnético en un punto en el espacio. En distancias cortas, la resistencia y dirección del campo (geo)magnético terrestre permanecen aproximadamente constantes, y por tanto este vector de campo se puede utilizar de una manera similar al vector de campo gravitacional en las etapas 52, 54 del método (en las cuales se comprobó para eventos de rotación alrededor de un eje horizontal o casi horizontal). El método de 52, 54 es aplicable a ejes de rotación que se disponen en o próximos al plano perpendicular al vector gravitacional constante (vertical). De forma similar, un método que utiliza un vector de campo geomagnético constante es aplicable para eventos de rotación que tienen un eje en o sustancialmente en el plano perpendicular a este vector. La dirección del campo magnético terrestre es diferente en diferentes puntos de la superficie terrestre. En Europa, por ejemplo, la dirección es hacia el norte, más un componente que apunta hacia dentro hacia la superficie terrestre en un ángulo de aproximadamente 50-70 grados. Una vez que el vector de campo es identificado, se pueden detectar cambios en su dirección (con respecto al sistema de coordenadas del sensor) y utilizarse para indicar eventos de rotación alrededor de ejes que se disponen en el plano perpendicular descrito anteriormente.

Adicionalmente, la salida del magnetómetro podría ser empleada dentro de las etapas 64, 66, 68 del método primario, sujetas a la aplicación de etapas adicionales para la extracción de una señal de aceleración de una salida de sensor en bruto. Estas etapas podrían incluir, por ejemplo, un análisis (quizás continuo) de la salida de sensor con el fin de determinar un vector de "desplazamiento" correspondiente a la posición del sensor, con respecto algún punto definido de forma arbitraria en el sistema de coordenadas del sensor. Dicho vector podría establecerse mediante por ejemplo la sustracción del vector de dirección de campo medida en un punto dado en el tiempo, de un valor de referencia establecido para la dirección del campo, establecido quizás durante una etapa de calibración. Una señal de desplazamiento variable en el tiempo por tanto generada podría ser después diferenciada dos veces con respecto al tiempo, por lo tanto, generando una señal de aceleración, a la cual se podrían entonces aplicar las etapas 64, 66, 68 tal y como se describió anteriormente.

De forma alternativa de nuevo, en los casos en los que las puertas giran alrededor de una articulación, se puede utilizar un giroscopio. Un giroscopio es sensible a la velocidad angular. Por tanto, en este caso, las señales de salida del sensor podrían necesitar ser diferenciadas una vez con respecto al tiempo con el fin de generar una señal representativa de aceleración angular. Un beneficio de utilizar un sensor de giroscopio en oposición a por ejemplo un acelerómetro, es que la amplitud de la salida de señal es independiente de la ubicación de montaje del sensor. Esto se desprende del hecho de que el giroscopio es sensible a la velocidad angular (o velocidad angular) que es independiente de la distancia radial del eje, mientras que la salida del acelerómetro varía inversamente con la distancia radial del sensor del eje. Por tanto, se puede montar un giroscopio en cualquier ubicación en una puerta y generar una señal de la misma intensidad.

- 5 El procesamiento de datos descrito anteriormente se puede llevar a cabo en el propio dispositivo, o los datos de sensor en bruto se pueden obtener para un procesamiento de datos remoto. Por ejemplo, múltiples sensores pueden suministrar datos a un procesador remoto central, por ejemplo, utilizando cualquier protocolo de transferencia de datos inalámbrico adecuado. Por tanto, la unidad de procesamiento y los sensores no necesitan estar albergados en el mismo lugar. Por ejemplo, la unidad 84 montada en la puerta en la figura 6 puede comprender sólo un sensor de movimiento y un transmisor para transmitir los datos de sensor de forma inalámbrica a una unidad de procesamiento separada. Juntos, la unidad montada en la puerta y la unidad de procesamiento remota definen un aparato para la detección de eventos de apertura o cierre. En su lugar, la capacidad de procesamiento global podría estar prevista en una sola unidad.
- 10 La historia de los eventos de apertura o cierre se puede utilizar por el cuidador para analizar el comportamiento de un paciente. La información del sensor o la información del evento de apertura y cierre se pueden enviar de forma automática al cuidador por Internet o a una red de teléfono móvil, o se pueden extraer del sistema de sensor in situ.
- 15 El procesamiento para convertir señales de sensor para detección de un evento de apertura o cierre, ya se realice de forma local como una parte de una unidad de sensor o de forma remota, se pueden implementar mediante un elemento de procesamiento, por ejemplo, un controlador. El controlador se puede implementar de diversas maneras, con software y/o hardware, para realizar las diferentes funciones requeridas. Un procesador es un ejemplo de controlador que emplea uno o más microprocesadores que pueden ser programados utilizando software (por ejemplo, un micro código) para realizar las funciones requeridas. Un controlador puede sin embargo ser implementado con o sin emplear un procesador, y también puede ser implementado como una combinación de un hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y una circuitería asociada) para realizar otras funciones.
- 20 Ejemplos de componentes de controlador que se pueden emplear en varios modos de realización de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan, microprocesadores convencionales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), y matrices de puertas programables por campo (FPGA).
- 25 En varias implementaciones, se puede asociar un procesador o un controlador con uno o más medios de almacenamiento tales como una memoria de ordenador volátil y no volátil tales como RAM, PROM, EPROM y EEPROM. El medio de almacenamiento puede estar codificado con uno o más programas los cuales, cuando se ejecutan en uno o más procesadores y/o controladores, realizan las funciones requeridas. Varios medios de almacenamiento se pueden fijar dentro de un procesador o controlador o pueden ser transportables de tal manera que uno o más programas almacenados en los mismos se pueda cargar en un procesador o controlador.
- 30 Otras variaciones a los modos de realización divulgados se pueden entender y efectuar por los expertos en la técnica llevando a la práctica la invención reivindicada, a partir del estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un/uno/una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que ciertas medidas sean enumeradas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar como una ventaja. Cualquier signo de referencia las reivindicaciones no se deberían considerar cómo limitativo del alcance.
- 35
- 40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para detectar eventos de apertura o cierre utilizando un sensor de movimiento que es capaz de proporcionar una señal de sensor que es dependiente del movimiento del sensor de movimiento, el método que comprende las etapas de:
- a) obtener la señal (20) de sensor a lo largo del tiempo;
- b) determinar los puntos de tiempo de cruzamiento en los cuales la señal de sensor indica una aceleración del sensor de movimiento de cruzamiento nulo;
- 10 c) derivar señales (24) de área que representan un área por debajo de una curva de la aceleración del sensor de movimiento con respecto al tiempo, con una señal de área respectiva derivada entre puntos de tiempo de cruzamiento sucesivos; y
- d) detectar los eventos de apertura o cierre basándose en una comparación de las señales de área con uno o más umbrales (30, 32).
- 15 2. Método como el reivindicado en la reivindicación 1, en el que la detección de los eventos de apertura o cierre comprende identificar señales de área que exceden el uno o más umbrales y que se refieren a una aceleración positiva, y determinar para cada uno si existe una señal de área posterior que exceda el uno o más umbrales y que se refiera a una aceleración negativa.
- 20 3. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que obtener la señal de sensor comprende en primer lugar obtener una salida de sensor, y posteriormente procesar dicha salida para extraer un componente direccional único, la dirección que corresponde a una dirección del movimiento del sensor.
- 25 4. Un método como el reivindicado en la reivindicación 3, en el que obtener la señal de sensor comprende:
- obtener un vector de salida de sensor;
- definir un segundo vector que representa una dirección de movimiento del sensor; y
- 30 posteriormente realizar una operación de producto escalar de dicho vector de salida de sensor con respecto al segundo vector.
5. Un método como el reivindicado en la reivindicación 4, en donde definir el segundo vector que representa una dirección del movimiento del sensor comprende realizar un proceso de análisis del componente principal en uno o más componentes del vector de salida de sensor obtenido.
- 35 6. Un método como el reivindicado en la reivindicación 5, en el que obtener un vector de salida de sensor comprende en primer lugar obtener un vector de salida tridimensional inicial y posteriormente procesar dicho vector de salida inicial para extraer componentes en el plano perpendicular a la dirección de la gravedad.
- 40 7. Un método como el reivindicado en la reivindicación 6, que además comprende determinar la dirección de la gravedad con respecto al sensor de movimiento a través del análisis de una o más salidas de sensor.
8. Un método de detección de eventos de apertura o cierre utilizando un sensor de movimiento que es capaz de proporcionar una señal de sensor que es dependiente del movimiento del sensor de movimiento, el método que comprende:
- 45 obtener la señal de sensor a lo largo del tiempo;
- detectar mediante el análisis de la señal de sensor la existencia de cualquier evento de apertura o cierre rotacional alrededor de un eje horizontal; y
- 50 en el caso de que no se detecte la existencia de un evento de apertura o cierre alrededor de un eje horizontal, posteriormente detectar eventos de apertura o cierre de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
9. Un método como el reivindicado en la reivindicación 8, en el que detectar la existencia de eventos de apertura o cierre rotacionales alrededor de un eje horizontal comprende:
- 55 analizar la señal de sensor para determinar una dirección de gravedad a lo largo del tiempo con respecto al sensor de movimiento;
- detectar cambios a lo largo del tiempo en la dirección determinada de la gravedad; y
- 60 detectar la existencia de eventos de apertura o cierre rotacionales basándose en una comparación de dichos cambios detectados con uno o más umbrales.
10. Un método como el reivindicado en la reivindicación 9 que además comprende identificar cambios en la direccionalidad de los eventos de apertura o cierre detectados de forma consecutiva, realizando una o más operaciones de producto de vector entre los vectores de dirección de la gravedad determinada para cada evento de
- 65

apertura o cierre, e identificar cambios en la direccionalidad comparando el signo de los resultados de dicha una o más operaciones de producto de vector para eventos detectados de forma consecutiva.

5 11. Producto de programa de ordenador descargable de una red de comunicación y/o almacenado en un medio legible por ordenador y/o ejecutable por microprocesador, caracterizado porque comprende instrucciones de código de programa adaptados para implementar el método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones cuando se ejecuta en un ordenador.

10 12. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que obtener una señal a lo largo del tiempo comprende utilizar un acelerómetro.

13. Un aparato (84) para la detección de eventos de apertura o cierre, que comprende:

15 un sensor de movimiento adaptado para ser montado a un objeto (80) móvil;
un elemento de procesamiento para analizar una o más salidas de sensor y detectar a partir de dicho análisis la existencia de eventos de apertura o cierre, en donde dicho elemento de procesamiento está adaptado para:

20 obtener una señal a lo largo del tiempo que es dependiente del movimiento del sensor;
determinar puntos de tiempo de cruzamiento los cuales la señal de sensor indica una aceleración del sensor de movimiento de cruzamiento nulo;
25 derivar señales de área que representan el área por debajo de una curva de la aceleración del sensor de movimiento con respecto al tiempo, con una señal de área respectiva derivada entre puntos de tiempo de cruzamiento sucesivos; y
detectar eventos de apertura o cierre basándose en una comparación de las señales de área con uno o más umbrales.

30 14. Un aparato para la detección de eventos de apertura o cierre como el reivindicado en la reivindicación 13, en el que el elemento de procesamiento está adaptado para asumir una dirección primaria del movimiento del sensor de movimiento alineada con un eje conocido del sensor de movimiento.

35 15. Un aparato para la detección de eventos de apertura o cierre como el reivindicado en las reivindicaciones 13 o 14, en el que el sensor es un acelerómetro, y en el que los eventos de apertura o cierre son, por ejemplo, caracterizados por una primera aceleración en una primera dirección, seguida por una segunda aceleración en una segunda dirección, opuesta.

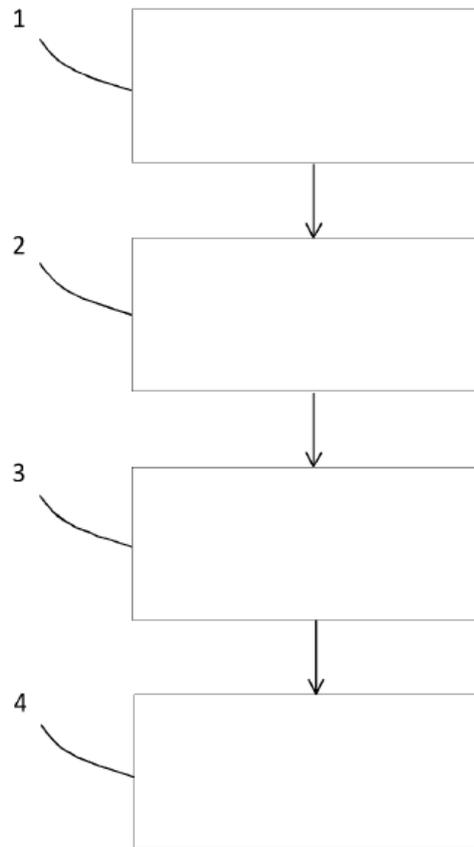


FIG. 1

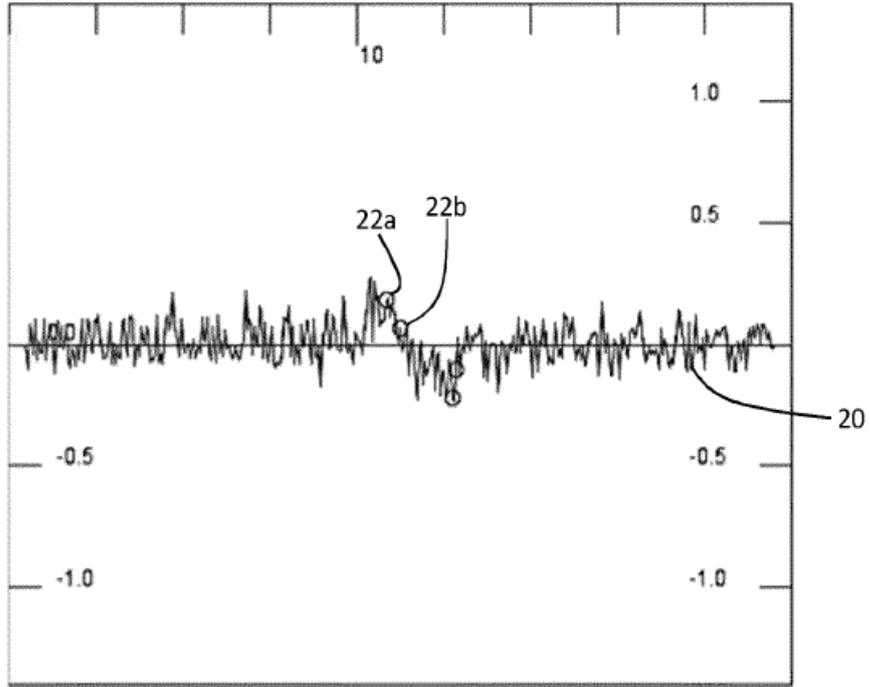


FIG. 2

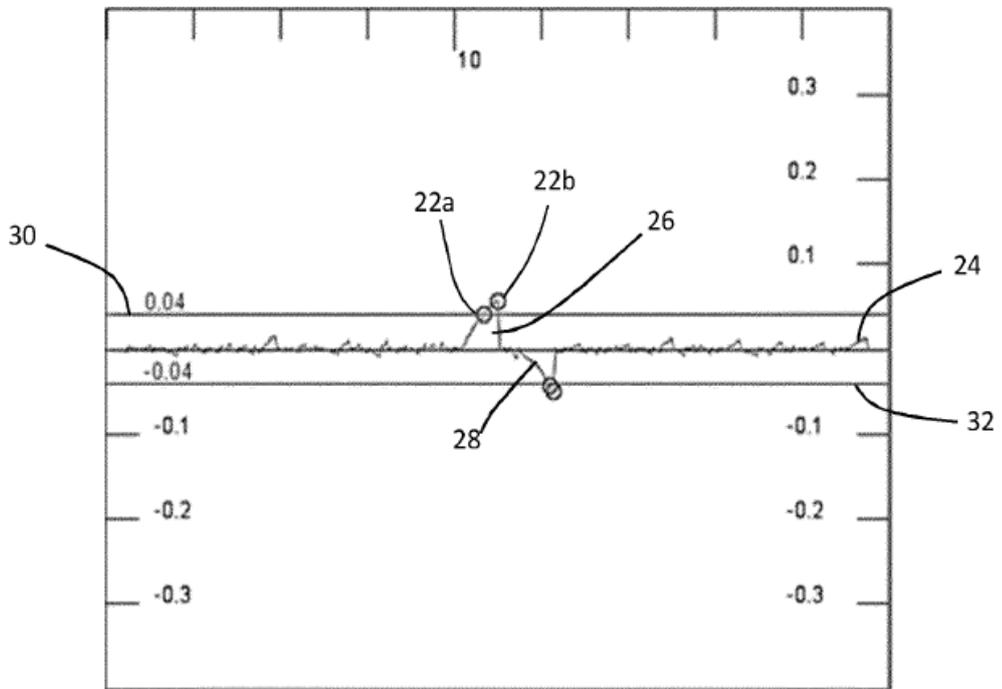


FIG. 3

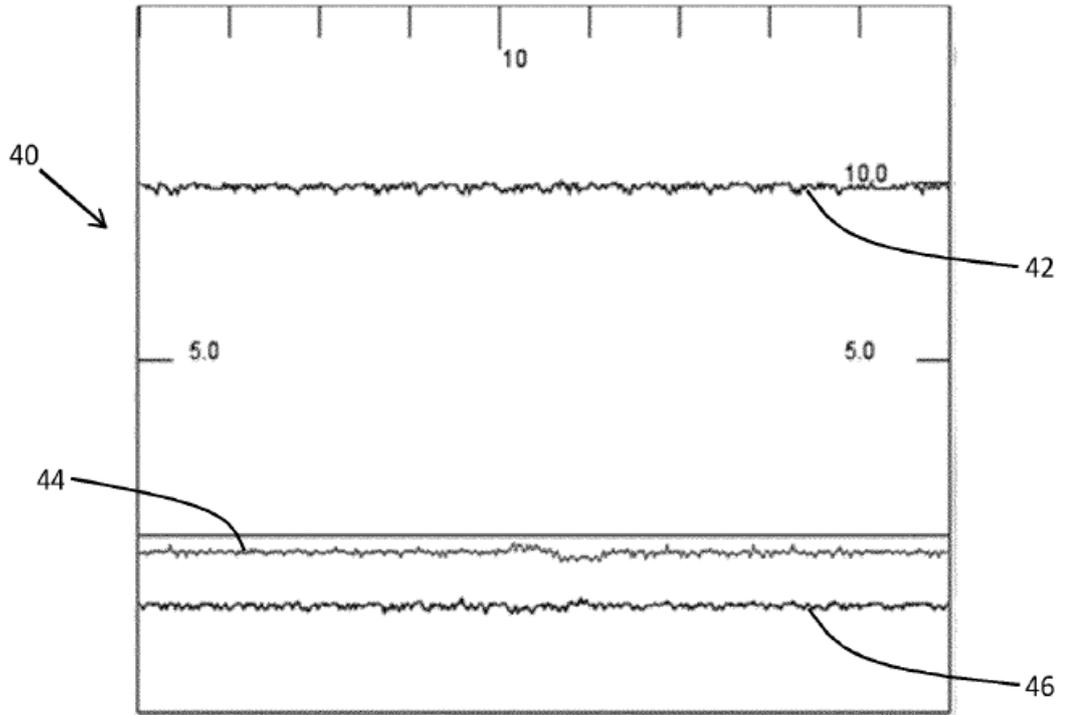


FIG. 4

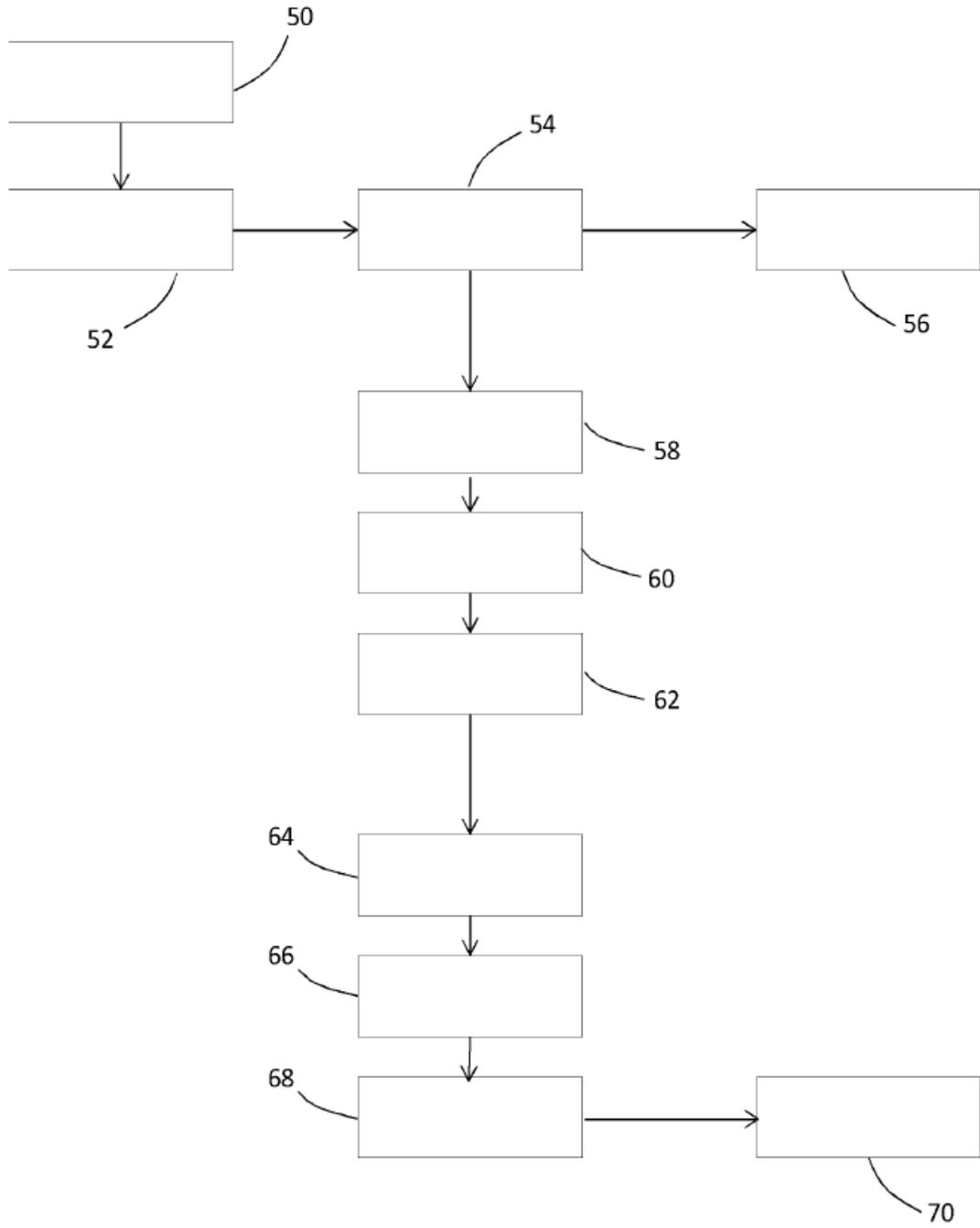


FIG. 5

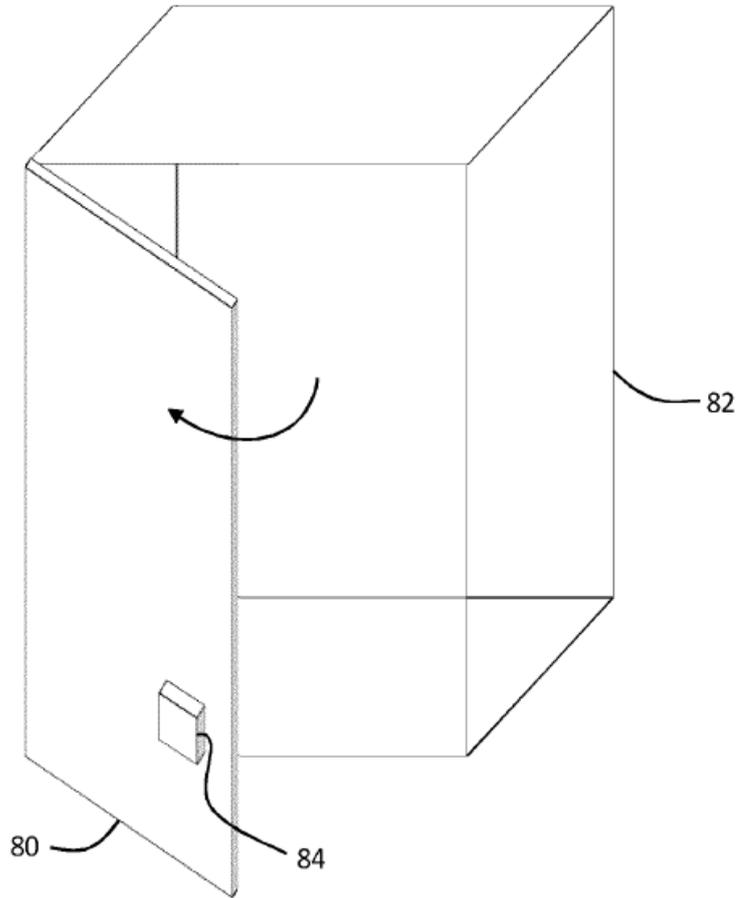


FIG. 6