

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 044**

51 Int. Cl.:
G08B 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10305024 .1**
96 Fecha de presentación: **11.01.2010**
97 Número de publicación de la solicitud: **2207154**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.07.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO DE DETECCIÓN DE CAÍDA.**

30 Prioridad:
12.01.2009 FR 0950127

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.03.2012

73 Titular/es:
**INFO NETWORK SYSTEMS
VOIE ROMAINE ,ZONE DE REMORA
33170 GRADIGNAN, FR**

72 Inventor/es:
**Magdelaine, Laurent;
Martin, Eric y
Mate, Philippe**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

ES 2 376 044 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de detección de caída.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de detección de caída de una persona y al dispositivo asociado a este procedimiento.

10 Se sabe que, en las personas de edad, una de cada tres personas presenta riesgos de caída, siendo susceptible cada caída de generar riesgos para la persona y una pérdida suplementaria de autonomía; las secuelas psicológicas de un largo periodo de inmovilidad a consecuencia de una caída y sin asistencia son un factor importante de esta pérdida de autonomía y conducen generalmente a la decisión de permanecer dentro del propio domicilio.

15 Se sabe también que, en ciertas profesiones, una persona puede verse obligada a trabajar sola y, a veces, incluso sola en condiciones peligrosas.

20 Asimismo, se trate de una persona de edad, discapacitada, o de un paciente que se encuentra en un establecimiento sanitario, en un medio medicalizado o en su domicilio, o se trate de una persona que trabaja en un medio con riesgo o de manera aislada, es necesario que dicha persona pueda por sí misma alertar fácilmente a los servicios de emergencia durante una enfermedad o cualquier incidente.

25 Así, se conocen dispositivos de la técnica anterior en forma de medallón, pulseras o cinturones que permiten que su usuario envíe una llamada a los servicios de emergencia por medio de una decisión voluntaria, tal como el acompañamiento de un botón pulsador, en caso de peligro o de malestar.

30 Estos dispositivos de la técnica anterior permiten transmitir una señal de alerta a un centro de teleasistencia o a cualquier otra persona designada, directamente o por medio de una base unidad a una red de telecomunicaciones, tal como internet, GSM u otra.

35 Un inconveniente principal de estos dispositivos de la técnica anterior es que necesitan una acción voluntaria del usuario para activar el envío de la señal de alerta.

Ahora bien, en caso de caída a consecuencia de un accidente o de una enfermedad, el usuario está generalmente aturdimado y no dispone del tiempo necesario para reaccionar y activar la alerta antes o durante la caída. Y después de la caída, la persona pueda estar inconsciente o bien en un estado o una posición que le impide accionar el dispositivo de alerta.

40 Es para responder a las necesidades de estas personas susceptibles de caerse y encontrarse en apuros en ciertas situaciones por lo que se han desarrollado dispositivos llevados por el usuario, capaces de vigilar el comportamiento de un usuario e identificar un movimiento sospechoso correspondiente a una caída para activar automáticamente el envío de una señal de alerta.

No obstante, se plantean varias dificultades en la elaboración de estos dispositivos de detección de caída.

45 En primer lugar, estos dispositivos son difícilmente aceptados por el usuario y, además, en el caso de la detección de caída de personas de edad que interesa particularmente a la invención, teniendo lugar cerca de la mitad de las caídas por la noche y en el baño, dicho dispositivo debe llevarse casi permanentemente.

50 Por tanto, un dispositivo de detección de caída debe ser el menos molesto en las costumbres o las actividades del usuario y también dicho dispositivo debe ser discreto con el fin de que el usuario no se niegue a llevarlo delante de su círculo de conocidos.

Asimismo, dicho dispositivo debe poder fijarse fácilmente a un lugar simple.

55 Una posición interesante mantenida por varios dispositivos de la técnica anterior es la muñeca del usuario, presentándose dichos dispositivos en forma de pulseras.

En efecto, este emplazamiento permite responder de manera óptima a las limitaciones enunciadas anteriormente, llevándose a la manera de un reloj o de otra joya.

60 No obstante, a diferencia de un dispositivo situado, por ejemplo, sobre el tórax del usuario, la detección al nivel de la muñeca es más difícil, ya que no se conoce la posición del tronco del usuario.

65 Más en detalle, el sensor adoptado por la mayoría de los dispositivos de la técnica anterior para la detección de caídas es el acelerómetro que permite medir los choques y los movimientos.

Los dispositivos de la técnica anterior se tropiezan con dificultades mayores posicionando un acelerómetro al nivel

de la muñeca del usuario. En primer lugar, los numerosos movimientos posibles del brazo pueden ser interpretados como una caída y, en segundo lugar, no existe una referencia evidente y fiable en el espacio y con respecto al suelo para la posición del cuerpo.

5 Debido a estas dificultades, numerosos dispositivos de la técnica anterior cometen errores de detección y activan falsas alertas.

10 Por ejemplo, el documento US 2007/0146145 propone un procedimiento y un dispositivo de detección de caída que utilizan medidas acelerométricas sobre 3 ejes y que tratan dichos datos acelerométricos con el fin de observar la actividad o la inactividad del portador, deducir de ella unos índices relativos a su estado y activar eventualmente la transmisión de una señal de alarma.

15 Según este documento de la técnica anterior, los medios de tratamiento consiguen por doble integración de las mediciones de aceleración unas coordenadas polares que representan la posición del usuario.

A continuación, las evoluciones de estas coordenadas se comparan con varias series preregistradas correspondientes a movimientos o comportamientos particulares del portador, y esto con el fin de transmitir una señal de alarma en caso de identificación de un comportamiento anormal.

20 Más en detalle, en este documento de la técnica anterior está previsto extraer la componente de gravedad de la aceleración total con el fin de conocer la aceleración dinámica, denominada propia, experimentada por el portador, y diferir el envío de una señal de alarma, por ejemplo hasta que las aceleraciones sobrepasan un determinado umbral o hasta que un periodo de inactividad supera una duración límite.

25 No obstante, a pesar de estas etapas de tratamiento de los datos acelerométricos, el procedimiento de detección de caída descrito en este documento US 2007/0146145 no consigue una estimación fiable de la componente de gravedad y de la dirección probable del vector gravedad, lo cual puede conducir a errores de detección y a la activación de falsas alertas.

30 Ahora bien, un dispositivo de detección de caída debe evitar absolutamente la activación de alertas de manera intempestiva y la acumulación de falsas alertas hacia los centros de teleasistencia u otras personas, lo cual desacredita la detección y puede conllevar intervenciones inútiles.

35 Para precaverse de estos errores y asegurarse de la detección de una caída, otros dispositivos anteriores, tales como el descrito en la patente francesa FR 2 874 727 de la misma solicitante, comprenden además unos medios de medición de otras magnitudes físicas, tales como sensores de caídas, centrales inerciales, sensores de temperatura u otros, con el objeto de tratar de correlacionar las mediciones de aceleraciones con otros índices tales como la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, la temperatura corporal o incluso el nivel sonoro ambiente.

40 Esta multiplicación de los medios de medición aumenta el volumen del dispositivo de detección, lo cual va en contra de los criterios de discreción del dispositivo en la vida del usuario, y, sobre todo, el coste del dispositivo.

45 Además, la multiplicación de los sensores disminuye también la autonomía eléctrica de estos dispositivos, lo cual se considera particularmente molesto en el caso, como por ejemplo para las personas de edad, en el que el dispositivo debe llevarse casi permanentemente.

50 Por último, otro obstáculo encontrado por los dispositivos de la técnica anterior, en el marco de la vigilancia de una persona de edad, se refiere a la gran proporción de caídas que se producen en el cuarto de baño, por lo que dichos dispositivos deben por lo menos ser resistentes al agua.

55 Asimismo, un objetivo de la presente invención es evitar los inconvenientes encontrados con los dispositivos de la técnica anterior proponiendo un procedimiento de detección de caída de un usuario que limite los errores de detección y el consumo eléctrico de los medios de medición y de cálculo utilizados para la realización de un dispositivo de detección portátil permanentemente, discreto, poco voluminoso, poco costoso y estanco.

Con este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento y un dispositivo de detección de caída de un usuario, tales como los reivindicados.

60 La presente invención se describe ahora en detalle según un modo de realización preferido particular del procedimiento y del dispositivo asociado, no limitativo, efectuándose esta descripción haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que las diferentes figuras representan:

65 – figura 1: una representación esquemática en forma de diagrama de un dispositivo de detección para la realización de un procedimiento de detección según la invención,

– la figura 2: una representación de los diferentes sólidos que se pueden utilizar para la etapa de extracción de la

gravedad del procedimiento de detección según la invención,

- la figura 3: una representación del enrejado de una cadena de Markov que se puede utilizar para la etapa de extracción de la gravedad del procedimiento de detección según la invención,
- la figura 4: una representación esquemática de la etapa de extracción de la gravedad del procedimiento de detección según la invención, y
- la figura 5: una representación de un autómata de Markov de estados ocultos utilizado para la etapa de clasificación de comportamiento del procedimiento de detección según la invención.

El procedimiento de detección de caída de un usuario según la invención se efectúa gracias a un dispositivo de detección llevado por un usuario.

Por usuario, la invención entiende una personal, tal como una persona de edad, una persona discapacitada, un paciente de un centro médico o un trabajador aislado, que es susceptible de caerse, enfermarse y quedarse inconsciente debido a sus dificultades, su discapacidad o las condiciones de su actividad.

Dicho dispositivo de detección 10 utilizado para la realización del procedimiento según la invención se ilustra en la figura 1.

Dicho dispositivo de detección 10 comprende una caja cerrada 12, estanca y unida a unos medios de fijación 14.

En un modo de realización preferido, la caja 12 está compuesta por dos semipartes de material polímero obtenidas por inyección/moldeo, realizándose la estanqueidad de dicha caja gracias a un ensamblaje por soldadura de ultrasonidos de las dos semipartes.

Los medios de fijación 14 permiten soportar la caja y sujetar el conjunto así formado a una parte del cuerpo de dicho usuario.

Preferentemente, la caja 12 y sus medios de fijación 14 adoptan la forma de una pulsera, un colgante o un dispositivo enganchado a la cintura.

Dicha caja 12 contiene unos medios de alimentación 16, unos medios de transmisión 18 de una señal de alerta, un acelerómetro 20 y unos medios de tratamiento 22 de las mediciones proporcionadas por el acelerómetro.

Ventajosamente, los medios de alimentación 16 adoptan la forma de por lo menos una pila comercial, tal como una pila denominada "botón" de algunos cientos de miliamperios-hora, para dar un orden de ideas.

Los medios de transmisión 18 son susceptibles de enviar una señal de alerta por ondas electromagnéticas, radiofrecuencia u otro hacia un centro de teleasistencia o hacia cualquier otra persona designada, directamente o por medio de una base unida a una red de telecomunicaciones tal como internet, GSM u otra.

Preferentemente, el acelerómetro 20 es un acelerómetro de tres ejes y los medios de tratamiento 22 comprenden unos medios de cálculo 24 y unos medios de memorización 26 en forma de una memoria viva y una memoria de masa.

Evidentemente, el dispositivo de detección 10 comprende unos medios de llamada voluntaria 28, tal como un botón pulsador, que permiten que el usuario active él mismo una señal de alerta, poniéndose la detección automática de caída como un complemento a la llamada voluntaria del usuario.

Con el fin de aumentar la autonomía y disminuir al máximo el volumen y el peso del dispositivo de detección 10, el procedimiento según la invención tiene por objetivo efectuar un tratamiento fiable, y económico en términos de consumo de energía eléctrica, de las mediciones efectuadas por el acelerómetro para deducir el comportamiento supuesto del portador.

A este efecto, dicho procedimiento consiste en clasificar el comportamiento del usuario a partir de indicadores de su actividad resultantes de las mediciones de aceleración adquiridas por el acelerómetro 20 y en diferir la activación de una señal de alerta con el fin de evitar las falsas alertas.

En un modo de realización preferido del procedimiento de detección según la invención, sólo se utilizan mediciones de aceleración para deducir la actividad del portador.

Evidentemente, la invención cubre también un procedimiento de detección de caída que utilice mediciones de otra magnitud física en paralelo con las etapas del procedimiento tales como se describirán ahora.

Así, el procedimiento según la invención se vincula únicamente a la percepción de las aceleraciones.

Las mediciones de aceleración efectuadas por el acelerómetro 20 del dispositivo de detección 10 comprenden varias componentes.

5 En primer lugar, el usuario y, por tanto, el acelerómetro 20 fijado a una parte de su cuerpo están sometidos a una aceleración constante hacia el suelo debido a la gravedad.

A la percepción de la gravedad se añadirá la componente debida a la actividad del portador.

10 Esta componente de aceleración propia del usuario se debe a las aceleraciones experimentadas o iniciadas por la parte del cuerpo al nivel del cual está fijado el acelerómetro, así como por todo el cuerpo.

15 Así, en el caso de una forma de realización en forma de pulsera, las aceleraciones percibidas se deben a los movimientos del antebrazo, del brazo y por último todo el cuerpo, revelando así la actividad, más o menos importante y desordenada, del usuario.

20 En el caso de una caída, las aceleraciones se parecen a una ingravidez relativa que se percibirá justo en el choque con el suelo, y después, si el usuario está inconsciente a consecuencia de la caída, se percibirá una inactividad.

Por tanto, se advierte que las mediciones de aceleración y la observación de sus variaciones permitirán deducir, además de la dirección de la parte inferior, el nivel de actividad y la coherencia de esta actividad del usuario.

25 Asimismo, en el presente procedimiento, las mediciones de aceleraciones anteriores permiten establecer unas variables, relativas a la gravedad y a la naturaleza de la actividad del portador, que definen un estado de percepción. Cada nueva medición de aceleración modifica dichas variables y hace evolucionar el estado de percepción que se utiliza para activar o no una alerta.

30 Asimismo, en un modo de realización preferido, el procedimiento de detección de caída prevé la realización, mediante los medios de tratamiento 22, de una cadena de tratamiento de las mediciones adquiridas por el acelerómetro 20 compuesta por las etapas siguientes:

- normalizar las mediciones de aceleración en datos de aceleración,
- 35 – extraer la componente de gravedad de dichos datos,
- transformar y agregar dichos datos en indicadores, tanto cualitativos como cuantitativos, de la actividad del usuario,
- 40 – clasificar el comportamiento del usuario con ayuda de dichos indicadores,
- activar una señal de alerta en caso de observación de un comportamiento supuesto anormal del usuario.

45 Las medidas adquiridas por el acelerómetro adoptan la forma de un vector \underline{w} en tres dimensiones, siendo $\underline{w}=\underline{g}+\underline{v}$, en el que \underline{g} corresponde al vector gravedad y \underline{v} a la aceleración propia, es decir, la aceleración no imputable a la gravedad y que, por tanto, corresponde a un desplazamiento o a un movimiento del usuario.

Por tanto, con el fin de deducir indicadores de la actividad del usuario, es necesario distinguir el vector \underline{v} del vector \underline{g} .

50 Dado que se trata de una ecuación única con dos incógnitas, la discriminación con certeza del vector gravedad \underline{g} es imposible.

Asimismo, con el fin de extraer el vector \underline{g} con una buena probabilidad, está previsto utilizar los tres criterios siguientes simultáneamente:

- 55 – criterio de constancia del vector \underline{g} : la norma del vector \underline{g} es de 1, siendo preferentemente la unidad elegida \underline{g} igual a $9,81 \text{ m.s}^{-2}$,
- 60 – criterio de proximidad de la dirección de la gravedad: el vector \underline{g} en el instante $t+1$ está más próximo al vector \underline{g} en el instante t , suponiendo que el intervalo de tiempo entre t y $t+1$ sea pequeño,
- criterio de marginalidad de la aceleración propia \underline{v} , siendo la aceleración propia \underline{v} frecuentemente transitoria y próxima al vector nulo como promedio.

65 Por consiguiente, la solución adoptada por la invención para llegar a una estimación del vector gravedad con un buen índice de confianza es utilizar una esfera de radio unitario discretizada en varios vértices para modelizar el

conjunto de direcciones posibles del vector \underline{g} unitario, y un cálculo estocástico para determinar la probabilidad contenida por cada vértice de que el vector \underline{g} se encuentre exactamente en la dirección indicada por este vértice.

5 Son así posibles diferentes mallajes de la esfera, tal como un mallaje geodésico, pero, por razones de eficacia, se elige preferiblemente un mallaje uniforme que recurra a los sólidos platónicos.

Así, y como se ilustra por la figura 2, se puede elegir un tetraedro, un octaedro, un hexaedro (cubo), un icosaedro o un dodecaedro, que disponen respectivamente de 4, 6, 8, 12 y 20 vértices, siendo el dodecaedro el sólido que proporciona los mejores resultados debido a la densidad de su mallaje.

10 Por tanto, el principio general de la invención para determinar el vector de gravedad \underline{g} es determinar para cada vértice la probabilidad de que dicho vector gravedad se encuentre exactamente en la dirección indicada por dicho vértice.

15 Una vez determinadas estas probabilidades y en el caso del mallaje uniforme, basta efectuar la suma vectorial de cada una de las direcciones representadas por los vértices del sólido, ponderada por la probabilidad contenida por este vértice, obteniéndose entonces un vector que indica la dirección probable de la gravedad terrestre y cuya norma proporciona una indicación sobre el grado de confianza que se puede otorgar a esta dirección.

20 En resumen, la determinación de las probabilidades contenidas por un conjunto de direcciones ciertas del vector \underline{g} permite deducir la dirección probable de este vector, así como el grado de confianza de esta dirección.

Dado que el vector así obtenido tiene la forma: $\alpha \cdot \underline{g}$, éste debe normalizarse con el fin de obtener el vector \underline{g} probable, siendo entonces el grado de confianza una función de α .

25 La solución adoptada para determinar la probabilidad contenida por cada vértice del sólido elegido es del ámbito de la estocástica y de la inferencia bayesiana, en particular de las cadenas de Markov y, más precisamente, de los H.M.M. (Hidden Markov Model) o cadenas de Markov ocultas.

30 Más precisamente, el conjunto de los vértices del sólido platónico utilizado representa los estados de una cadena de Markov utilizada en el seno de un modelo de Markov oculto y cuyos coeficientes de la matriz de transición Tr dependen de la distancia (lineal o angular) entre dos vértices, y la función de emisión Em depende del vector de aceleración propia \underline{v} deducido restando el vector \underline{g} designado por cada vértice al vector acelerométrico observado \underline{w} . Así, para cada vértice n , se tiene $\underline{v}_n = \underline{w} - \underline{g}_n$.

35 A título de ejemplo, si el sólido elegido es un dodecaedro, que define, por tanto, una cadena de Markov con veinte estados que representan las direcciones posibles del vector de gravedad, se puede simplificar la matriz de transición Tr teniendo en cuenta los vecinos directos de cada vértice, definiendo así el enrejado elemental de la cadena de Markov en la que cada vértice, como se ilustra en la figura 3, además de unirse a sí mismo, está unido a cada uno de sus vecinos. Se puede simplificar asimismo la función de emisión Em definiendo la probabilidad de emisión como función de una distribución, supuesta gaussiana, de la norma del vector \underline{v} .

40 Por tanto, las probabilidades obtenidas por un conjunto de direcciones ciertas del vector gravedad permiten deducir la dirección más probable para este vector, al tiempo que se determinan su grado de confianza, y el detector de gravedad se comporta sustancialmente como un giroscopio probabilista de dos ejes.

45 La utilización de esta cadena de Markov para la extracción de la componente de gravedad a partir de las mediciones acelerométricas, o sea, la implementación de un algoritmo en los medios de cálculo 24 del dispositivo de detección 10, se describirá ahora en un modo de realización preferido del procedimiento según la invención y con respecto a la figura 4.

50 En primer lugar, las mediciones de aceleración brutas proporcionadas por el acelerómetro 20 han sufrido una etapa de normalización 40.

55 Así, dicha normalización 40 consiste en aplicar a las medidas brutas unas desviaciones y unos coeficientes de puesta a escala con el fin de obtener una representación de dichas medidas en forma de un vector normalizado en tres dimensiones.

60 Un criterio simple utilizado para determinar los parámetros de esta normalización es que, en ausencia de aceleración propia o cuando ésta está muy próxima a cero, y cualquiera que sea la posición del dispositivo de detección, la norma del vector medido \underline{w} , que es entonces sustancialmente igual a \underline{g} , debe estar lo más próxima posible a uno.

65 Por consiguiente, con el fin de obtener un buen compromiso entre las capacidades útiles de los medios de cálculo, es decir, la potencia de cálculo necesaria y la precisión del resultado de la extracción de la gravedad, el sólido platónico utilizado preferentemente es un hexaedro, o sea, un cubo.

Dado que el sólido elegido es el cubo, se dispone de un vector \underline{P} de ocho coeficientes, que representan el conjunto de probabilidades contenidas por cada uno de sus vértices. Dado que la suma de las probabilidades de este vector debe ser de uno, se le inicializa, por consiguiente, con el coeficiente $1/8$.

5 La aplicación 42 de la matriz de transición introduce una imprecisión probabilista sobre el conocimiento de la dirección del vector \underline{g} . La matriz de transición Tr se ha implementado teniendo en cuenta tan solo unos vecinos directos de cada vértice del sólido elegido, y, por tanto, viene definida por un único coeficiente de rotación θ . El coeficiente de la matriz de transición Tr de un vértice en sí mismo es entonces de $1-\theta$ y el de transición de un vértice a uno de sus vecinos es de $\theta/3$, considerándose los otros como nulos (o muy próximos a cero). Este coeficiente de rotación θ representa entonces la probabilidad de que, de un instante a otro, la dirección de la gravedad se desplace de un vértice hacia un vértice vecino.

15 Una numeración inteligente de los vértices del sólido permite conocer rápidamente el conjunto de los vértices vecinos a cada uno. Utilizando la lógica O exclusiva, la implementación del producto del vector \underline{v} por la matriz Tr puede entonces reducirse a: para cualquier i variante de 0 a 7, $v'[i]=(1-\theta)*(v[i]+(\theta/3)*(v[i^1]+v[i^2]+v[i^4]))$. La aplicación 44 de la función de emisión Em proporciona la probabilidad de que se produzca una observación \underline{w} suponiendo que la dirección del vector \underline{g} se encuentre exactamente sobre cada uno de los vértices n del sólido. El vector de aceleración propia \underline{v}_n correspondiente puede ser calculado entonces fácilmente por una simple resta. Dado que las aceleraciones propias se consideran marginales, se supone que la probabilidad de aparición de este vector sigue una distribución gaussiana en función de su norma. Esta función se implementa en forma de una tabla de valores discretizados y las probabilidades se obtienen entonces por interpolación lineal.

20 Ahora que las probabilidades contenidas por los vértices del sólido son actualizadas al hilo de las nuevas mediciones, la función de evaluación 46 puede determinar la dirección más probable para el vector gravedad \underline{g} , efectuando la suma vectorial ponderada. El vector así obtenido de la forma $\alpha.\underline{g}$ designa la dirección más probable para \underline{g} , y su norma α es proporcional a la concentración de las probabilidades alrededor de esta dirección.

25 Por tanto, hace falta normalizar este vector, cometido de la función de unitarización 48, con el fin de obtener el vector \underline{g} , y la función de confianza 50 proporciona la tasa de confianza en esta dirección, función de la norma α .

30 La cadena de Markov que permite la obtención de una estimación del vector \underline{g} a la salida de la función de unitarización 48 introduce una forma de inercia al cambio, con lo que es preciso temporizar el vector de aceleración observado \underline{w} con ayuda de la función de retardo 52 para obtener, por la función de resta 54, el vector de aceleración propia \underline{v} temporizado.

35 Después de la etapa de extracción de la gravedad, se dispone de las informaciones siguientes: una estimación del vector de gravedad terrestre \underline{g} , un indicador de la tasa de confianza de este vector, función de α , y, por tanto, por resta, una estimación del vector de aceleración propia \underline{v} .

40 El procedimiento de detección según la presente invención prevé a continuación la transformación y la agregación de dichos datos en indicadores, tanto cualitativos como cuantitativos, de la actividad del usuario.

Así, está previsto utilizar por lo menos los tres indicadores siguientes:

- 45 – la confusión: este indicador se calcula como inversamente proporcional al mínimo de la tasa de confianza en la dirección del vector \underline{g} . Por ejemplo, la tasa de confusión puede ser muy elevada en el caso de movimientos erráticos persistentes, pero también y sobre todo durante una caída,
- 50 – la dispersión: este indicador, similar a una separación tipo, se calcula como la media de la norma de las diferencias de los vectores de aceleración propia \underline{v} consecutivos, dando una buena indicación de la coherencia de la actividad de la persona. Por ejemplo, cuanto más grande es la dispersión, más errático es el comportamiento y más brutal es el choque y más elevado es este indicador,
- 55 – la actividad: este indicador se calcula como la media de la norma de los vectores de aceleración propia \underline{v} , permitiendo saber si el portador está consciente y conocer el nivel general de su actividad.

Estos indicadores, resultantes de una agregación en un intervalo de tiempo dado, son umbralizados y compuestos a continuación con el fin de deducir diferentes parámetros de observación relativos a la actividad del usuario.

60 El procedimiento de detección según la invención prevé a continuación una etapa de clasificación del comportamiento del usuario realizada a partir de estos parámetros de observación.

65 El clasificador de comportamiento se implementa en forma de un autómata de Markov de estados ocultos (H.M.M.), cuya parte oculta representa el estado del portador y cuya parte observable es suministrada por los indicadores calculados anteriormente.

Una versión simplificada de los estados, o clases de equivalencias, posibles del comportamiento del usuario está representada en la figura 5: un estado de reposo 56, un estado activo 58, un estado de caída 60 y un estado de inconsciencia 62. Cada uno de estos estados (56, 58, 60, 62) contiene la probabilidad de que el usuario se encuentre en este estado, función del estado anterior y de las nuevas observaciones. Así, en un ciclo de comportamiento normal, las probabilidades oscilan entre el estado activo 58 y el de reposo 56.

Durante un acontecimiento transitorio sospechoso parecido a una caída, una parte de la probabilidad del estado activo 58 transitará hacia el estado de caída 60, siendo una caída la consecuencia de una actividad desafortunada, y la probabilidad contenida por el estado de caída 60 es transferida casi en su totalidad hacia el estado de inconsciencia 62. Más exactamente, incluso en ausencia de una actividad sospechosa, una parte de la probabilidad del estado activo 58 transita hacia el estado de caída 60, pero, en ausencia de actividad sospechosa, la confrontación con los parámetros de observación desacredita esta suposición y reduce la probabilidad del estado de caída 60.

En resumen, una vez establecido el conjunto de los estados fijados, únicamente queda determinar la matriz de transición T_r y la matriz de emisión E_m para definir completamente el autómata de Markov de estados ocultos y efectuar el aprendizaje de los parámetros de dicho autómata con ayuda de un corpus suficientemente representativo, en particular a partir de un entrenamiento de Viterbi o de Baum-Welch, de un recocido simulado o de un algoritmo genético.

Las probabilidades de encontrarse en uno de los cuatro estados (56, 58, 60, 62) del autómata evolucionan al hilo de las observaciones y basta examinar la probabilidad del estado de inconsciencia 62 para decidir el envío de una alerta con ayuda de los medios de transmisión 18 en cuanto ésta franquea un umbral predeterminado correspondiente a un comportamiento supuesto anormal del usuario.

Concretamente, el procedimiento de detección de caída que se acaba de describir se puede implementar en unos medios de tratamiento 22 que adopten la forma, por ejemplo, de un microcontrolador.

Por dar un orden de ideas, los medios de memorización 26 necesitan únicamente una memoria viva útil de aproximadamente 200 octetos y una memoria de masa útil de aproximadamente 6 kilooctetos. Asimismo, con un microcontrolador de 16 bits, los tiempos de cálculo, conseguidos por los medios de tratamiento 22, de los datos acelerométricos a 4 megaHertzios están comprendidos entre 0,3 milisegundos y 1,4 milisegundos, con una media de aproximadamente 0,6 milisegundos.

Además, con el fin de limitar el consumo de energía eléctrica, las adquisiciones acelerométricas únicamente se efectúan a 25 Hertzios en modo normal y pueden descender hasta 1 Hertzio en el caso de reposo prolongado o durante el sueño del usuario.

Asimismo, se advierte que, al permitir que se simplifiquen de manera fiable los cálculos de una detección de caída efectuada a partir de las medidas de un acelerómetro, el procedimiento según la invención permite limitar las capacidades útiles de los medios de tratamiento, y de aquí una disminución significativa de su consumo de energía eléctrica y una prolongación notable de la autonomía del dispositivo de detección frente a las obtenidas con los procedimientos de detección de la técnica anterior. Más precisamente, la implementación del procedimiento de detección tal como se acaba de describir en dichos medios de tratamiento 22 permite la obtención de un dispositivo de detección 10 cuya autonomía es por lo menos superior a un año para unos medios de alimentación 16 que proporcionan como máximo cinco centenas de miliamperios-hora.

En una variante de realización, en particular en el caso en que el dispositivo de detección esté colocado al nivel del tronco del usuario, un acelerómetro de dos ejes puede ser suficiente para efectuar una detección fiable y económica de caída con ayuda del procedimiento según la invención, utilizando la extracción de la gravedad un círculo discretizado en polígono y simplificando así el enrejado elemental de la cadena de Markov. Esta variante está cubierta evidentemente por la invención.

Además, la invención cubre también las aplicaciones del procedimiento de detección que se acaba de describir a otros movimientos además de una caída, así como a personas u objetos en situaciones diferentes a las enunciadas anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección de caída de un usuario, llevando dicho usuario un dispositivo de detección (10) que comprende una caja (12) que contiene unos medios de alimentación (16), unos medios de transmisión (18) de una señal de alerta, un acelerómetro (20) y unos medios de tratamiento (22) de las mediciones proporcionadas por el acelerómetro, que comprende unos medios de cálculo (24) y unos medios de memorización (26), previendo dicho procedimiento la realización, mediante los medios de tratamiento (22), de una cadena de tratamiento de las mediciones adquiridas por el acelerómetro (20) compuesta por las etapas siguientes:
- normalizar las mediciones de aceleración en datos de aceleración,
 - extraer la componente de gravedad de dichos datos,
 - transformar y agregar dichos datos en indicadores, tanto cualitativos como cuantitativos, de la actividad del usuario,
 - clasificar el comportamiento del usuario con ayuda de dichos indicadores,
 - activar una señal de alerta en caso de observación de un comportamiento supuesto anormal del usuario,
- estando dicho procedimiento caracterizado porque la extracción de la componente de gravedad consiste en estimar el vector gravedad \underline{g} utilizando una esfera de radio unitario discretizada en varios vértices para modelizar el conjunto de las direcciones posibles del vector \underline{g} unitario, y un cálculo estocástico para determinar la probabilidad contenida por cada vértice de que el vector \underline{g} se encuentre en la dirección indicada por este vértice.
2. Procedimiento de detección de caída de un usuario según la reivindicación 1, caracterizado porque la esfera de radio unitario se discretiza con ayuda de un mallaje uniforme que recurre a los sólidos platónicos.
3. Procedimiento de detección de caída de un usuario según la reivindicación 2, caracterizado porque el sólido platónico utilizado es un cubo.
4. Procedimiento de detección de caída de un usuario según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el conjunto de los vértices de la esfera discretizada, o del sólido platónico utilizado, representa los estados de una cadena de Markov utilizada en el seno de un modelo de Markov oculto, y porque los coeficientes de la matriz de transición T_r dependen de la distancia entre dos vértices y la función de emisión E_m depende del vector de aceleración propia \underline{v} deducido restando el vector \underline{g} designado por cada vértice al vector acelerométrico observado \underline{u} .
5. Procedimiento de detección de caída de un usuario según la reivindicación 4, caracterizado porque la utilización de la cadena de Markov proporciona una estimación del vector gravedad \underline{g} , un indicador de tasa de confianza en la dirección de este vector y una estimación del vector de aceleración propia \underline{v} .
6. Procedimiento de detección de caída de un usuario según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la etapa de normalización consiste en aplicar a las mediciones de aceleración brutas unas desviaciones y unos coeficientes de puesta a escala con el fin de obtener una representación de dichas mediciones en forma de un vector normalizado en tres dimensiones, y porque un criterio utilizado para determinar los parámetros de esta normalización consiste en considerar que, en ausencia de aceleración propia o cuando está muy próxima a cero, y cualquiera que sea la posición del dispositivo de detección (10), la norma del vector medido \underline{u} , que es entonces sustancialmente igual a \underline{g} , debe ser lo más próxima posible a uno.
7. Procedimiento de detección de caída de un usuario según una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizado porque la etapa de transformación y agregación de los datos de aceleración sobre un intervalo de tiempo dado resulta por lo menos en los tres indicadores siguientes:
- la confusión: este indicador se calcula como inversamente proporcional al mínimo de las tasas de confianza en la dirección del vector \underline{g} ,
 - la dispersión: este indicador se calcula como el medio de la norma de las diferencias de los vectores de aceleración propia \underline{v} consecutivos,
 - la actividad: este indicador se calcula como la media de la norma de los vectores de aceleración propia \underline{v} .
8. Procedimiento de detección de caída de un usuario según la reivindicación 7, caracterizado porque la etapa de clasificación del comportamiento del usuario se implementa en los medios de tratamiento (22) en forma de un autómata de Markov de estados ocultos, cuya parte oculta representa el estado del portador y cuya parte observable es proporcionada por dichos indicadores, y porque una versión simplificada de los estados, o clases de equivalencia, posibles del comportamiento del usuario son: un estado de reposo (56), un estado activo (58), un estado de caída

(60) y un estado de inconsciencia (62), conteniendo cada uno la probabilidad de que el usuario se encuentre en este estado.

5 9. Procedimiento de detección de caída de un usuario según la reivindicación 8, caracterizado porque está previsto activar el envío de una alerta con ayuda de los medios de transmisión (18) en cuanto la probabilidad del estado de inconsciencia (62) franquea un umbral predeterminado correspondiente a un comportamiento supuesto anormal del usuario.

10 10. Dispositivo de detección (10) de una caída de un usuario, que comprende una caja (12) que contiene unos medios de alimentación (16), unos medios de transmisión (18) de una señal de alerta, un acelerómetro (20) y unos medios de tratamiento (22) de las mediciones proporcionadas por el acelerómetro, que comprende unos medios de cálculo (24) y unos medios de memorización (26), implementándose el procedimiento de detección de caída según una de las reivindicaciones anteriores en dichos medios de tratamiento (22).

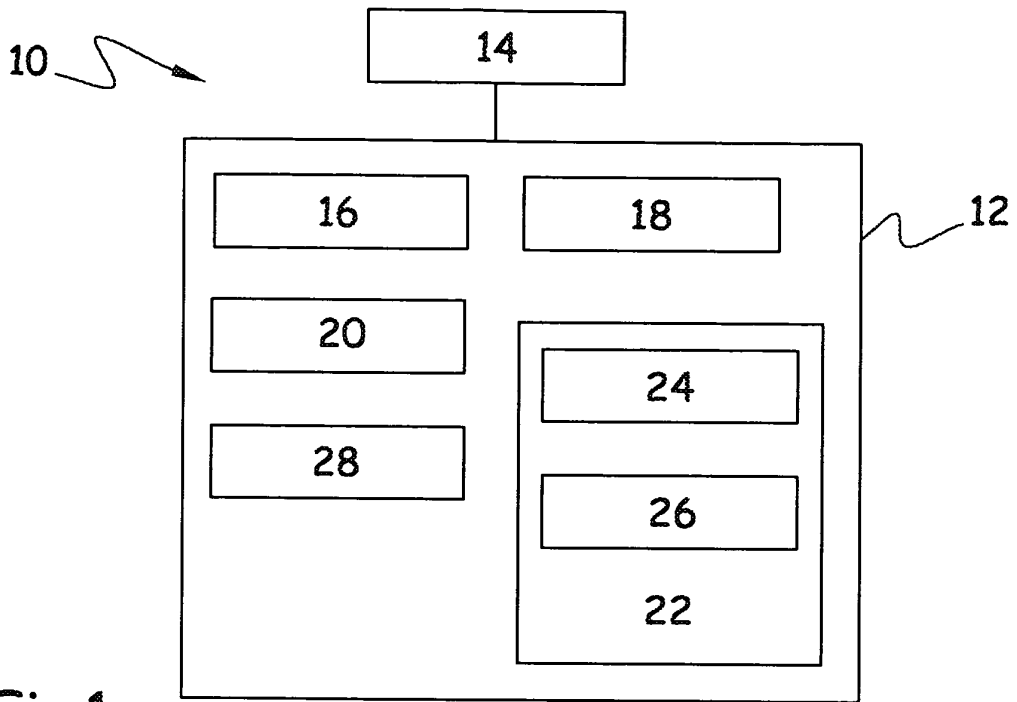


Fig.1

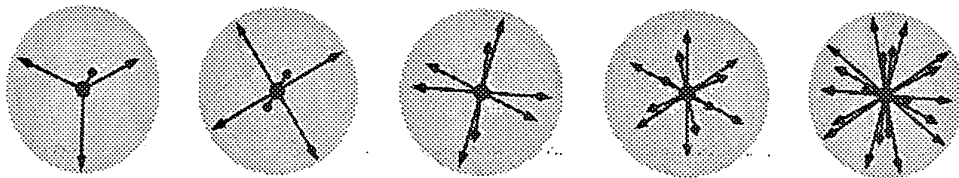


Fig.2

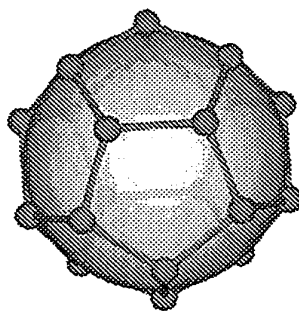


Fig.3

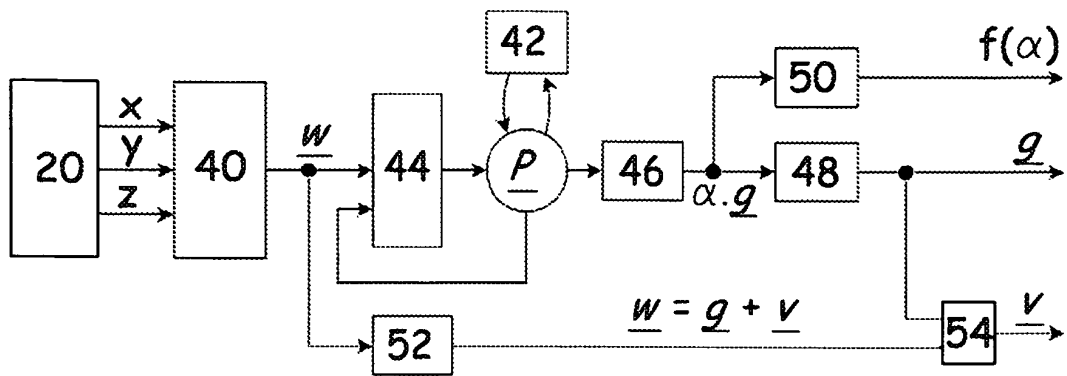


Fig.4

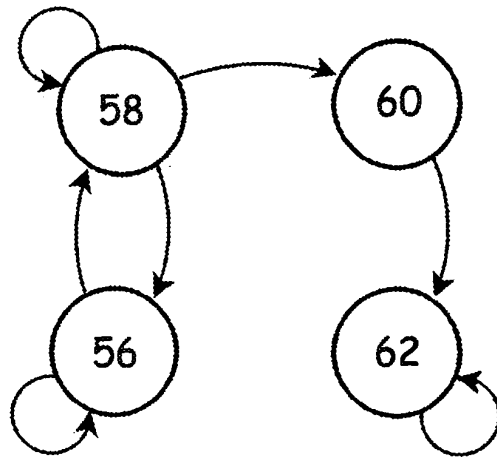


Fig.5