

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 423**

51 Int. Cl.:

**G01P 13/00** (2006.01)  
**G08B 29/20** (2006.01)  
**A61B 5/00** (2006.01)  
**A61B 5/11** (2006.01)  
**G08B 21/04** (2006.01)  
**G08B 29/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2014 PCT/EP2014/068209**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15036245**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2014 E 14755828 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3043709**

54 Título: **Método y sistema de detección de caídas**

30 Prioridad:

**11.09.2013 EP 13183914**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.02.2020**

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS N.V. (100.0%)  
High Tech Campus 52  
5656 AG Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**ANNEGARN, JANNEKE;  
TEN KATE, WARNER RUDOLPH THEOPHILE y  
BALDUS, HERIBERT**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 744 423 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 sistema de detección de caídas

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención hace referencia a un sistema de detección de caídas para la detección de caídas por parte de un usuario.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Las caídas afectan a millones de personas al año y provocan lesiones importantes, particularmente entre los ancianos. De hecho, se ha estimado que las caídas son una de las tres principales causas de muerte entre los ancianos. Una caída se define como un desplazamiento repentino, incontrolado y no intencionado del cuerpo hacia el suelo, seguido de un impacto, tras el cual el cuerpo permanece en el suelo.

15 Un sistema personal de respuesta en caso de emergencia (PERS, por sus siglas en inglés) es un sistema donde se puede garantizar la ayuda para un usuario. Gracias a los Botones de ayuda personales (PHB, por sus siglas en inglés) el usuario puede apretar un botón para pedir ayuda en caso de emergencia. La mayoría de las llamadas están motivadas por la caída del usuario. Además, si el usuario sufre una caída grave (por ejemplo, que le provoque confusión o, aún peor, tras que lo deje inconsciente), podría no ser capaz pulsar el botón, lo cual significaría que no llegaría la ayuda hasta transcurrido un tiempo considerable, sobre todo, si el usuario viviera solo. Las consecuencias de una caída pueden agravarse si el usuario permanece en el suelo por un largo período.

20 Los sistemas de detección de caídas también están disponibles para procesar el resultado de uno o más sensores para determinar si el usuario ha sufrido una caída. La mayoría de los sistemas corporales de detección de caídas utilizan un acelerómetro (normalmente, un acelerómetro que mide la aceleración en tres dimensiones) y están configurados para inferir la ocurrencia de una caída procesando la serie de tiempo generada por el acelerómetro. Algunos sistemas de detección de caídas también pueden incluir un sensor de presión del aire, por ejemplo, según lo descrito en WO 2004/114245, para medir la altura, el cambio de altura o la altitud absoluta del sistema de detección de caídas. Al detectar una caída, el sistema de detección de caídas hace saltar una alarma.

25 Algunos sistemas de detección de caídas están diseñados para que el usuario los lleve al cuello como colgantes, mientras que otros están diseñados para llevarse sobre o en el torso (p. ej., en la cintura, en un cinturón o en un bolsillo) o en las extremidades del usuario, por ejemplo, en la muñeca.

30 Se está realizando un gran esfuerzo para proporcionar métodos de clasificación o algoritmos de procesamiento robustos para detectar las caídas con exactitud. En general, un detector de caídas comprueba rasgos como el impacto, la orientación, el cambio de orientación, el cambio de altura, la velocidad vertical y similares. Resultados de detección fiables cuando el conjunto de valores computados para estos rasgos es diferente para las caídas y otros movimientos distintos de una caída. El algoritmo puede comparar los rasgos detectados con valores umbral predeterminados y/o patrones de clasificación para determinar si ha tenido lugar una caída.

35 La fiabilidad del método de clasificación puede visualizarse mediante una curva ROC (acrónimo de Receiver Operating Characteristic), o Característica Operativa del Receptor, en la cual se registra la probabilidad de detección en relación a la tasa de falsas alarmas. La fig. 1 muestra dicha curva ROC, que representa el rendimiento medio del algoritmo en una multitud de usuarios examinados durante un largo período. La relación óptima entre caídas detectadas y alarmas de caídas ('punto de funcionamiento') depende de diversos factores, como la satisfacción del cliente/usuario y factores económicos. Una tasa elevada de falsas alarmas es costosa para el centro de servicios y molesta para el cliente (usuario), mientras que una reducción de la cantidad de falsas alarmas puede provocar la no detección de caídas, lo cual puede resultar extremadamente problemático y dañino para el cliente (usuario). El objetivo del diseñador de algoritmos de detección de caídas es crear un algoritmo cuyo punto de funcionamiento que se aproxime lo más posible a la esquina superior izquierda de la curva ROC. Sin embargo, el punto de funcionamiento preciso puede depender de las mencionadas preferencias y condiciones externas.

40 En general, las personas con bajo riesgo de caídas son más activas y pueden realizar en su día a día más movimientos susceptibles de ser interpretados como caídas por el algoritmo de detección de caídas. Por consiguiente, la cantidad de falsas alarmas puede ser superior a la media para este grupo de 'bajo riesgo de caídas', si bien la cantidad de caídas reales es inferior a la media. Las figs. 2 y 3 muestran relaciones ejemplares entre la tasa de falsas alarmas/caídas reales y el riesgo de caídas/nivel de actividad, respectivamente. Las curvas pueden tener diversas formas. Por ejemplo, la tasa de falsas alarmas puede llegar como máximo a medio camino en ambas gráficas.

45 US 2012/0190949 describe un sistema de alarma que procesa los signos de movimiento y las constantes vitales empleando umbrales y reglas heurísticas específicos. WO 2010/023604 y WO 2010/026513 describen sistemas de prevención de caídas.

## 50 RESUMEN DE LA INVENCION

Además del comportamiento relacionado en cuanto a movimientos en el día a día, y el comportamiento en cuanto a movimientos durante un caído pueden diferir entre personas con riesgo de caídas bajo y elevado. El grupo de 'bajo riesgo de caídas' es capaz, en general, de corregir pequeñas alteraciones del equilibrio durante los movimientos lentos. Por ello, la mayoría de las caídas en este grupo suceden como consecuencia de los movimientos rápidos y/o de grandes alteraciones en el equilibrio que hacen que el impacto cuando la persona golpea el suelo sea relativamente grande. El grupo de 'alto riesgo de caídas' se mueve generalmente más despacio y con más cuidado. Las caídas también pueden tener lugar cuando la persona está de pie y quieta y va perdiendo el equilibrio paulatinamente sin ser capaz de corregir la postura. Sin embargo, este tipo de usuarios puede tratar de mantener el equilibrio y agarrarse a algo mientras se cae, haciendo así que el impacto contra el suelo sea relativamente bajo. Por esta razón, se pueden dibujar curvas ROC distintas para personas con distintos niveles de riesgo de caídas. Debido a las diferencias de comportamiento en cuanto a movimientos, el método óptimo de clasificación, la curva ROC resultante y/o el punto de funcionamiento óptimo de la curva ROC dependen del riesgo de caídas dinámico del usuario. La fig. 4 muestra curvas ROC ejemplares para dos tipos de grupos de usuarios (usuarios de alto y bajo riesgo de caídas). También podrían dibujarse curvas ROC distintas para los usuarios que llevan sistemas de detección de caídas por debajo o por encima de la ropa, por ejemplo, o para usuarios con distintas características, como la altura, que dan lugar a distintas alturas de caída durante una caída. Pueden verse la incidencia de las caídas y las falsas alarmas, así como la distribución del cambio de la probabilidad de detección, y esto cambia también el diseño óptimo del detector de caídas.

Se ha descubierto que entre los indicadores más sólidos indicadores de riesgo de caídas encuentran la ocurrencia de caídas del usuario con anterioridad y las deficiencias en cuanto a fuerza, forma de andar y equilibrio. La curva ROC que aparece en la fig. 4 no solo difiere entre los usuarios con distintas capacidades físicas e historial de caídas previas, sino que también depende de la situación (el contexto) del usuario o su entorno en un cierto momento. Concretamente, el riesgo de caída de un usuario cambia dinámicamente a lo largo del tiempo, y la evaluación del riesgo de caídas debe ser un procedimiento continuo. Una persona puede estar en la categoría de 'bajo riesgo' en un momento dado (p. ej., mientras está sentado hablando con amigos) y en la categoría de 'alto riesgo' en otro (p. ej., tras tomar medicación, ir al baño, cuando la luz es más tenue, etc.). En algunos casos, la capacidad del usuario para mantener el equilibrio puede verse deliberadamente modificada o puesta a prueba, por ejemplo, cuando un usuario está comprobando su equilibrio durante una prueba de evaluación, o un entrenamiento, o mientras está haciendo ejercicio para mejorar su capacidad. También se sabe que la mayoría de las caídas tienen lugar al caminar, por lo que caminar es, inherentemente, una actividad de 'mayor riesgo'. Además, un usuario con un riesgo de caídas bajo (por ejemplo, cuando las luces están encendidas) genera más falsas alarmas (puesto que está más activo cuando las luces están encendidas o durante el día), si bien el número de caídas que queda sin detectar es inferior (puesto que los usuarios probablemente se caigan cuando las luces estén encendidas debido a problemas de mayor calado y el impacto sea lo suficientemente grande como para ser detectado). Una persona con un alto riesgo de caídas (por ejemplo, cuando las luces están apagadas) genera menos falsas alarmas (puesto que, por ejemplo, el usuario está durmiendo la mayoría del tiempo) y se detectan menos caídas (puesto que el usuario puede haberse caído por un problema de menor calado que haya dado lugar a un impacto más bajo).

Según se aprecia a partir de lo expuesto anteriormente, no es posible configurar el algoritmo de detección de caídas para que este opere en un punto óptimo en la curva ROC para todos los usuarios en todas las situaciones.

Así pues, la invención permite que la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se adapte empleando información contextual sobre el usuario y/o el entorno del usuario. En particular, si la información contextual indica que el usuario se encuentra en mayor riesgo de caída, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta. El aumento de la sensibilidad es temporal y solo dura mientras haya o se detecte un mayor riesgo de caídas, tras lo cual, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas vuelve a la sensibilidad anterior o a un punto próximo a la sensibilidad anterior (p. ej., valor por defecto) para el usuario. En realizaciones preferidas, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se ajusta moviendo el punto de funcionamiento en la curva ROC. Así, cuando un usuario se encuentre en una situación de mayor riesgo de caídas, el punto de funcionamiento se moverá temporalmente para aumentar la probabilidad de detección. En estos casos se acepta que esta configuración adaptada también aumenta la probabilidad de ocurrencia de falsas alarmas, puesto que el objetivo es garantizar que no queden caídas sin detectar. Como el algoritmo de detección de caídas solo está configurado para ser más sensible durante un período breve, se obtiene de media una tasa de falsa alarma relativamente baja, reduciéndose la posibilidad de que una caída quede sin detectar cuando el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para operar un sistema de detección de caídas para que un usuario detecte caídas; y dicho método incluye: determinar información contextual sobre el usuario y/o el entorno donde se encuentre el usuario; en caso de que la información sobre el contexto determinado indique que el usuario se encuentra en ese momento en riesgo de caída, aumentando temporalmente la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas empleado para que un usuario detecte caídas mientras el mayor riesgo de caídas se indica mediante la información contextual determinada determinando más información contextual sobre el usuario y/o el entorno donde se encuentre este último; y reconfigurar o reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas si la información contextual adicional indica que el usuario ya no está en riesgo de sufrir una caída.

En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de si el usuario está llevando a cabo un

test de evaluación de riesgo de caídas o ejercicios de equilibrio; y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando esté realizando un test de evaluación de riesgos de caídas o los ejercicios de equilibrio.

5 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de si el usuario está caminando, y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando esté caminando.

10 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de si se ha detectado un patrón de movimiento inusual para el usuario, y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de caerse si se detecta un patrón de movimiento inusual.

15 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación de la ubicación actual del usuario, y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de caerse si la ubicación actual del usuario es una ubicación conocida donde el usuario se encuentre en mayor riesgo de caídas. Las ubicaciones conocidas donde el usuario sufre mayor riesgo de caída pueden incluir cualquiera de las siguientes: cuarto de baño, escaleras, exterior o cualquier lugar donde el usuario y/u otros usuarios se hayan caído con anterioridad.

20 En algunos ejemplos, la información contextual sobre el entorno donde se encuentra el usuario incluye indicaciones sobre la iluminación ambiente en dicho lugar, la regularidad o irregularidad del terreno, las condiciones atmosféricas y de temperatura en el momento en cuestión y/o el nivel ruido ambiente; y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir caídas si la iluminación ambiente se encuentra por debajo de cierto umbral, si el terreno es irregular, si hay humedad y/o si la temperatura es inferior a un cierto valor y/o si el nivel de ruido ambiente supera un cierto umbral.

25 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de la hora en el momento en cuestión y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída si la hora está dentro de uno o más rangos horarios especificados. Dichos uno o más rangos horarios especificados pueden incluir la noche y/o las horas justamente anteriores y/o posteriores a la toma de una dosis de medicación pautada.

30 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca del nivel de actividad del usuario y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída si dicho nivel de actividad se encuentra por encima de un cierto umbral de nivel de actividad.

35 En ciertas realizaciones, el paso de aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas incluye el aumento de la probabilidad de detección de una caída.

40 En algunos ejemplos, el paso de aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas incluye el ajuste de la posición de un punto de funcionamiento para el algoritmo en un receptor que opera una curva característica.

45 En algunos ejemplos, el paso de aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas incluye la reducción del umbral donde la probabilidad de caída debe ser superior a la probabilidad de una no caída para que se detecte una caída.

50 En algunos ejemplos, el paso de aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de un punto de funcionamiento específico para el algoritmo en un receptor que opera una curva característica, y la selección de una configuración del algoritmo de detección de caídas con el punto de funcionamiento requerido.

55 En otros ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de uno o más valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario y la comparación de dichos uno o más valores específicos con los umbrales respectivos para detectar si ha tenido lugar una caída y, donde el paso de aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas incluye el ajuste de uno o más umbrales para aumentar la probabilidad de detección de una caída.

60 En otros ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de diversos valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario y la comparación del conjunto de valores específicos con un umbral para detectar si ha tenido lugar una caída y, donde el paso de aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas incluye el ajuste del umbral para aumentar la probabilidad de detección de una caída.

65 En otros ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de uno o más valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario, la determinación de un valor que indique la probabilidad de que el conjunto de valores de características represente una caída y un valor que indique la probabilidad de que el conjunto de valores específicos no represente una caída, la determinación de un ratio de valores de probabilidad y la comparación del algoritmo del ratio con un umbral para detectar si ha tenido lugar una caída, y donde el paso de

aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas incluye el ajuste del umbral para aumentar la probabilidad de detección de una caída.

5 En algunos ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de uno o más valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario, en dos o más fases, realizándose cada una de ellas si el valor o los valores de características determinados en la anterior indican que puede haber tenido lugar una caída, y donde el paso de aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas incluye el cambio del valor o los valores de características determinados en una o más fases, y/o el ajuste de uno o más valores umbrales con los que se comparen los valores específicos.

10 En algunos ejemplos, el método incluye además el paso de operar inicialmente el sistema de detección de caídas con el algoritmo de detección de caídas configurado en una sensibilidad normal correspondiente a un riesgo de caída normal por parte del usuario; donde cuando la información contextual indique que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída con respecto al riesgo de caída normal para el usuario, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumentará por encima de la sensibilidad normal.

15 En algunos ejemplos, en caso de que la información contextual determinada indique que el usuario se encuentra o puede encontrarse en menor riesgo de sufrir una caída, el método incluye el paso de reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas utilizado para detectar caídas por parte de un usuario mientras la información contextual determinada indique un menor riesgo de caídas.

20 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un programa informático con un código legible por ordenador integrado y configurado de tal forma que, al ejecutarse en un ordenador o unidad de procesamiento adecuada, dicho ordenador o dicha unidad de procesamiento lleva a cabo el método según se ha descrito más arriba.

25 Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de detección anticaídas para su uso por parte de un usuario con el fin de detectar caídas que incluye: una unidad de procesamiento configurada para determinar información contextual acerca del usuario y/o el entorno donde se encuentre el usuario; aumentar temporalmente la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas empleado para detectar caídas por parte de un usuario en caso de que la información contextual determinada indique que el usuario se encuentra o puede encontrarse en ese momento dado en un mayor riesgo de sufrir una caída, y dicho aumento temporal de la sensibilidad tiene lugar mientras la información contextual determinada indique un mayor riesgo de sufrir una caída; determinar información contextual adicional acerca del usuario y/o el entorno donde este se encuentre y reconfigurar o reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas si la información contextual adicional indica que el usuario ya no se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída.

30 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de si el usuario está llevando a cabo un test de evaluación de riesgo de caídas o ejercicios de equilibrio; y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando la información contextual indique que el usuario está realizando un test de evaluación de riesgo de caídas o los ejercicios de equilibrio.

35 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de si el usuario está caminando, y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando la información contextual indique que el usuario está caminando.

40 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de si se ha detectado un patrón de movimiento inusual para el usuario, y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando la información contextual indique un patrón de movimiento inusual.

45 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación de la ubicación actual del usuario, y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de caerse si la ubicación actual del usuario es una ubicación conocida donde el usuario se encuentre en mayor riesgo de caídas. Las ubicaciones conocidas donde el usuario sufre mayor riesgo de caída pueden incluir cualquiera de las siguientes: cuarto de baño, escaleras, exterior o cualquier lugar donde el usuario y/u otros usuarios se hayan caído con anterioridad.

50 En algunos ejemplos, la información contextual sobre el entorno donde se encuentra el usuario incluye indicaciones sobre la iluminación ambiente en dicho lugar, la regularidad o irregularidad del terreno, las condiciones atmosféricas y de temperatura en el momento en cuestión y/o el nivel ruido ambiente; y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir caídas si la iluminación ambiente se encuentra por debajo de cierto umbral, si el terreno es irregular, si hay humedad y/o si la temperatura es inferior a un cierto valor y/o si el nivel de ruido ambiente supera un cierto umbral.

55 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca de la hora en el momento en cuestión y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor

riesgo de sufrir una caída si la hora está dentro de uno o más rangos horarios especificados. Dichos uno o más rangos horarios especificados pueden incluir la noche y/o las horas justamente anteriores y/o posteriores a la toma de una dosis de medicación pautada.

5 En algunos ejemplos, la información contextual incluye una indicación acerca del nivel de actividad del usuario y la información contextual indica que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída si dicho nivel de actividad se encuentra por encima de un cierto umbral de nivel de actividad.

10 En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas con el fin de aumentar la probabilidad de detección de una caída.

En ciertas realizaciones, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas ajustando de la posición de un punto de funcionamiento para el algoritmo en un receptor que opera una curva característica.

15 En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas reduciendo el umbral donde la probabilidad de caída debe ser superior a la probabilidad de una no caída para que se detecte una caída.

20 En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas determinando un punto de funcionamiento específico para el algoritmo en un receptor que opera una curva característica, y la selección de una configuración del algoritmo de detección de caídas con el punto de funcionamiento requerido.

25 En otros ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de uno o más valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario y la comparación de dichos uno o más valores específicos con los umbrales respectivos para detectar si ha tenido lugar una caída y, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas ajustando uno o más umbrales para aumentar la probabilidad de detección de una caída.

30 En otros ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de diversos valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario y la comparación del conjunto de valores específicos con un umbral para detectar si ha tenido lugar una caída y, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas ajustando el umbral para aumentar la probabilidad de detección de una caída.

35 En otros ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de uno o más valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario, la determinación de un valor que indique la probabilidad de que el conjunto de valores específicos represente una caída y un valor que indique la probabilidad de que el conjunto de valores de característica no represente una caída, la determinación de un ratio de valores de probabilidad y la comparación del algoritmo del ratio con un umbral para detectar si ha tenido lugar una caída, y la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas ajustando el umbral para aumentar la probabilidad de detección de una caída.

45 En algunos ejemplos, el algoritmo de detección de caídas incluye la determinación de uno o más valores específicos a partir de las mediciones de los movimientos del usuario, en dos o más fases, realizándose cada una de ellas si el valor o los valores de características determinados en la anterior indican que puede haber tenido lugar una caída, y la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas cambiando el valor o los valores de características determinados en una o más fases, y/o el ajuste de uno o más valores umbrales con los que se comparen los valores específicos.

50 En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento está configurada además para determinar información contextual adicional acerca del usuario y/o el entorno donde este se encuentre; y para reconfigurar o reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas si la información contextual adicional indica que el usuario ya no se encuentra en un mayor riesgo de caída.

55 En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento está configurada para operar inicialmente el sistema de detección de caídas con el algoritmo de detección de caídas configurado en una sensibilidad normal correspondiente a un riesgo de caída normal por parte del usuario; y donde cuando la unidad de procesamiento determina que la información contextual indique que el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída con respecto al riesgo de caída normal para el usuario, la unidad de procesamiento está configurada para aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas por encima de la sensibilidad normal.

60 En algunos ejemplos, la unidad de procesamiento está además configurada para determinar si la información contextual determinada indique que el usuario se encuentra o puede encontrarse en menor riesgo de sufrir una caída, y para reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas mientras la información contextual determinada indique un menor riesgo de caídas.

65

La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas 1-14.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 A continuación, se describen realizaciones ejemplares de la invención, únicamente a título de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos, donde:

10 La figura 1 es una gráfica que ilustra una curva ROC ejemplar para un algoritmo de detección de caídas;

La fig. 2 es un gráfico que ilustra la tasa de falsas alarmas y la tasa de caídas verdaderas con respecto al riesgo de caída de un usuario;

15 La fig. 3 es un gráfico que ilustra la tasa de falsas alarmas y la tasa de caídas verdaderas con respecto al nivel de actividad de un usuario;

La fig. 4 es un gráfico que ilustra dos curvas ROC ejemplares para usuarios con riesgos de caídas altos y bajos respectivamente;

20 La fig. 5 es un diagrama de bloques de un sistema de detección de caídas según una realización de la invención;

La fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método según una realización de la invención;

La fig. 7 es un diagrama de flujo funcional que ilustra el funcionamiento de una realización de la invención;

25 La fig. 8 es un ejemplo de una red bayesiana aplicada a una estimación de riesgo de caídas; y

La fig. 9 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del sistema según una realización específica.

30 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

En la fig. 5 se muestra un sistema de detección de caídas 2 según una realización de la invención. En esta realización del a invención, el sistema de detección de caídas 2 comprende un dispositivo de usuario 4 diseñado para que un usuario lo lleve puesto o consigo.

35 El dispositivo de usuario 4 tiene preferentemente forma de colgante que el usuario lleva en el cuello colgado de un cordón o una cadena, pero se apreciará que el dispositivo de usuario 4 no está limitado a este factor de forma, y es posible que el dispositivo de usuario 4 se diseñe para llevar en la muñeca o la cintura, en el pecho o la espalda, o en el bolsillo.

40 El dispositivo de usuario 4 comprende uno o más sensores de movimiento para obtener mediciones de los movimientos del usuario. Dichos uno o más sensores de movimiento 6, 8 incluye típicamente al menos un acelerómetro 6 para medir las aceleraciones que experimente el usuario, y en esta realización ejemplar, el dispositivo de usuario 4 también comprende un sensor de presión de aire 8 que obtiene mediciones de la presión de aire que pueden procesarse para determinar la altura (altitud) o el cambio en altura del usuario. Dichos uno o más sensores de presión 6, 8 van conectados a una unidad de procesamiento 10. La unidad de procesamiento 10 recibe mediciones de los sensores de movimiento 6, 8 y las procesa para determinar si el usuario del sistema de detección de caídas 2 ha sufrido una caída. La unidad de procesamiento 10 también controla el funcionamiento del dispositivo de usuario 4.

50 Se apreciará que el acelerómetro 6 mide las aceleraciones experimentadas por el dispositivo de usuario 4, y la unidad de procesamiento 10 puede analizar las aceleraciones para identificar impactos, determinar la velocidad, el cambio de orientación y/o el cambio de posición o altura del dispositivo de usuario 4. En ciertas realizaciones, la unidad de procesamiento 10 también puede procesar la señal del acelerómetro 6 para detectar el rendimiento de gestos predeterminados (esto es, movimientos) por parte del usuario con el dispositivo de usuario 4 (por ejemplo, agitar el dispositivo de usuario 4, moverlo de forma oscilante, en círculo, fig. 8, etc.). La unidad de procesamiento 10 puede analizar la señal del sensor de presión de aire para determinar la altura y/o el cambio en altura del dispositivo de usuario 4.

60 Se apreciará que, aunque se muestran en esta realización dos sensores de movimiento, los sistemas de detección de caídas según realizaciones alternativas pueden comprender solo un sensor de movimiento (por ejemplo, solo el acelerómetro 6, omitiéndose el sensor de presión de aire 8). En otras realizaciones, el dispositivo de usuario 4 puede comprender un giroscopio y/o un sensor o varios sensores de campo magnético, además de o de forma alternativa al sensor de presión de aire 8.

65 El dispositivo de usuario 4 también comprende los circuitos del transmisor o transceptor 12, que permiten que el dispositivo de usuario 4 transmita una señal de alarma a un centro de atención telefónica remota o a los servicios de

- emergencia en caso de detección de una caída. Los circuitos del transmisor o transceptor 12 pueden configurarse para que se comunique con una estación base asociada al dispositivo de usuario 4 (que puede emitir una alarma o pedir ayuda a un profesional sanitario a los servicios de emergencias) o a través de una red de telefonía pública (como una red de comunicaciones móviles) con una estación remota (por ejemplo, ubicada en un centro de atención telefónica de un profesional sanitario). Donde los circuitos del transmisor o transceptor 12 están configurados para comunicarse con una estación base, y dichos circuitos 12 pueden configurarse según cualquier tecnología inalámbrica conocida, por ejemplo, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Near Field Communication (NFC), etc. Donde los circuitos del transmisor o transceptor 12 se proporcionan también o de forma alternativa para permitir las comunicaciones con una red de telefonía pública, como una red de telefonía móvil, los circuitos 12 pueden configurarse también o alternativamente para su uso con cualquier tipo adecuado de red de comunicaciones de segunda, tercera o cuarta generación, incluidas GSM, WCDMA, LTE, etc. Además, aunque no se muestra en la Fig. 5, el dispositivo de usuario 4 puede comprender un altavoz y/o un micrófono para permitir que un usuario se comunique con el profesional sanitario o los servicios de emergencia.
- 15 El dispositivo de usuario 4 también comprende un módulo de memoria 14 que va conectado a la unidad de procesamiento 10 y puede guardar datos de medición de los sensores de movimiento 6, 8, y/o el código legible por ordenador para su uso por parte de la unidad de procesamiento 10.
- 20 Se apreciará que el módulo de memoria 14 solo puede guardar los últimos datos de movimiento o los datos de medición de períodos predefinidos.
- Opcionalmente, el dispositivo de usuario 4 puede incluir una interfaz de usuario 16 que proporcione información al usuario y/o le permita interactuar con o controlar el dispositivo de usuario 4. La interfaz de usuario 16 puede comprender componentes de introducción de datos, como botones, teclas, interruptores, trackballs, pantallas táctiles o un micrófono; y/o componentes de información para el usuario como un altavoz, luces, luces LED, una pantalla o un dispositivo vibratorio (para proporcionar información táctil al usuario). En ciertas realizaciones, la interfaz de usuario 16 comprende al menos un botón específico que el usuario puede pulsar para pedir ayuda durante una emergencia (este botón se conoce a veces como botón de ayuda personal).
- 30 El dispositivo de usuario 4 también comprende una fuente de alimentación 18, como una batería que proporciona energía a los componentes del dispositivo de usuario 4.
- En realizaciones alternativas a la mostrada en la fig. 1, el sistema de detección de caídas 2 puede comprender además una unidad base que puede localizarse en la casa del usuario y que se comunica mediante tecnología inalámbrica con el dispositivo de usuario 4. La unidad base también puede actuar como estación de carga para el dispositivo de usuario 4. La unidad base puede comprender circuitos para permitir las comunicaciones entre el usuario y un centro de atención telefónica (como los servicios de emergencias) a través de una red de telefonía pública conmutada y/o una red de telefonía móvil, y/o puede proporcionar una conexión a internet. En algunas implementaciones del sistema 2, el procesado y las operaciones según la invención pueden ser realizados por la unidad de procesamiento 10 del dispositivo de usuario 4, proporcionándose la unidad base meramente para facilitar las comunicaciones con el centro de atención telefónica remoto/los servicios de emergencias/internet. En implementaciones alternativas, el dispositivo de usuario 4 puede comunicar mediciones obtenidas por los sensores de movimiento 6, 8 a la unidad base, y una unidad de procesamiento de la unidad base puede encargarse del procesado y las operaciones según la invención empleando dichas mediciones. Esta última realización tiene la ventaja de que el consumo energético del dispositivo de usuario 4 puede reducirse considerablemente.
- En otras realizaciones, el dispositivo de usuario 4 del sistema de detección de caídas 2 puede configurarse para que se conecte con otro dispositivo electrónico propiedad del usuario, como un ordenador, un portátil, una tableta o un smartphone, para permitir que el usuario controle el dispositivo de usuario 4 a través de dicho dispositivo electrónico. En estas realizaciones, la conexión puede establecerse empleando cualquier tecnología inalámbrica conocida, por ejemplo, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Near Field Communication (NFC), etc. En estas realizaciones, el uso de otro dispositivo electrónico para controlar el dispositivo de usuario 4 puede sustituir la necesidad de inclusión de una interfaz de usuario 16 en el dispositivo de usuario 4 (aparte de, quizás, un único botón de ayuda personal). En estas realizaciones, el otro dispositivo electrónico también podría usarse para procesar las mediciones de movimiento con el fin de detectar una caída en lugar del dispositivo de usuario 4 para reducir el consumo de energía de dicho dispositivo de usuario 4.
- En ciertas realizaciones, un médico u otro profesional sanitario podrían interactuar a distancia con el usuario a través del dispositivo de usuario 4. Por ejemplo, el médico o profesional sanitario pueden contactar con el usuario a través de los circuitos del transceptor 12 del dispositivo de usuario 4 y aconsejarle que se lleve a cabo una evaluación de riesgo de caídas o que se tome una medicación.
- En algunas implementaciones, la unidad de procesamiento 10 del dispositivo de usuario 4 determina si este último ha sufrido una caída empleando un algoritmo de detección de caídas extrayendo valores para una o varias características asociadas a una caída a partir de las mediciones del sensor de movimiento. Por ejemplo, las aceleraciones y los cambios en la presión de aire experimentados por el dispositivo de usuario 4 se miden empleando el acelerómetro 6

y el sensor de presión de aire 8, y estas mediciones son analizadas por la unidad de procesamiento 10 para determinar si el usuario ha sufrido una caída.

Una caída se caracteriza, en general, por ejemplo, por un cambio en altura de unos 0,5 a 1,5 metros (el rango puede variar en base a la parte del cuerpo donde se lleve el dispositivo de usuario 4 y a la altura del usuario), culminando en un impacto significativo, seguido de un período donde el usuario no se mueve mucho. Así, para determinar si ha tenido lugar una caída, la unidad de procesamiento 10 puede procesar las mediciones del sensor para extraer valores para características incluidos uno o más de un cambio en altitud (que pueden derivarse de las mediciones del sensor de presión de aire 8, pero pueden también o alternativamente derivarse de las mediciones del acelerómetro 6, por ejemplo, si no está presente el sensor de presión de aire 8) un nivel de actividad máximo (esto es, un impacto) sobre la hora donde haya ocurrido el cambio en altura (típicamente derivado de las mediciones del acelerómetro 6) y un período donde el usuario está relativamente inactivo tras el impacto (de nuevo, típicamente derivado de las mediciones del acelerómetro 6). Se apreciará que otras características pueden mejorar el algoritmo de detección. Por ejemplo, la detección de un cambio en orientación durante la caída puede mejorar la probabilidad de que la señal se deba a una caída.

Puede identificarse una caída por parte del usuario cuando se identifiquen todas o un subconjunto de las características anteriores en las mediciones. En otras palabras, puede identificarse una caída cuando se detecten una o más de las características requeridas, esto es, cambio en altura, impacto y período de inactividad, en las mediciones.

Tal y como se comenta más abajo, el sistema de detección de caídas 2 emplea un algoritmo de detección de caídas que procesa las características (por ejemplo, cambio en altura, impacto, orientación, etc.) derivadas de las mediciones del sensor o los sensores de movimiento 6, 8 para determinar si el usuario se ha caído. En ciertas realizaciones, cuando se lleva a cabo el procesado completo de la detección de caídas, se determina si el conjunto de valores de características se encuentra en una región (multidimensional) correspondiente a una caída. Preferentemente, se determina un valor que indica la probabilidad de una caída para el conjunto de valores de características, y dicha probabilidad se compara con un umbral para determinar si ha tenido lugar una caída. Alternativamente, cada valor de características individual puede compararse con un umbral respectivo y se puede detectar una caída si un cierto número de características superan su valor umbral.

En otra alternativa (preferida), el algoritmo de detección de caídas puede ejecutarse por fases, evaluándose de forma continua las mediciones del sensor de movimiento mediante un algoritmo ligero (en términos de procesado) en una primera fase para detectar un incidente de caída potencial (indicándose una caída potencial, por ejemplo, mediante la detección de un impacto de magnitud suficiente o un cambio en altura descendente superior a una cantidad predeterminada). Si se detecta un incidente de caída potencial, se genera una 'activación'. Si se genera una activación, en la segunda fase se evalúan las mediciones del sensor de movimiento tomadas sobre la hora donde se encontrará dicha activación. En esta fase se computan varias características. Por ejemplo, pueden computarse cambio en altura, cambio en orientación, velocidad vertical e impacto. Cada uno de estos valores de características puede compararse a un umbral, y, si la comparación de los valores de características a los umbrales no coincide con una caída, el procesado de detección de caídas de la segunda fase se para y se retoma el procesado ligero de las mediciones del sensor de movimiento.

Si la comparación de los valores de características con los umbrales coincide con una caída (o si no hay comparación de los valores de características con los umbrales en esta fase, comienza la tercera fase de procesado. En esta tercera fase, los valores de características computados son evaluados por un clasificador, por ejemplo, un Clasificador bayesiano ingenuo (NBC, por sus siglas en inglés). El clasificador tiene introducidos datos sobre caídas para población general y/o datos sobre caídas y actividad para usuarios específicos. Esta tercera fase puede verse como una (segunda) prueba umbral, y se diferencia de la segunda en que el conjunto de valores de características se compara con un único umbral en vez de comparar los valores de características con sus umbrales respectivos. Como el resultado del clasificador es binario (esto es, una caída o no caída), se suele llamar detector. Si se detecta una caída, se puede iniciar una cuarta fase opcional, esto es, una fase donde puede tomarse una decisión con respecto a si revocar una alarma de caída o comprobar el conjunto de características para descubrir situaciones excepcionales como una caída accidental del dispositivo (en algunos casos, las excepciones podrían comprobarse también en una fase anterior de la secuencia, antes de la segunda o la tercera fase).

El comportamiento del algoritmo de detección de caídas en general (o solo la tercera fase) puede evaluarse mediante una curva ROC. Puede asignarse una probabilidad al conjunto de valores de características que representa la probabilidad de que el conjunto de valores corresponda a una caída. Del mismo modo, puede asignarse una probabilidad al conjunto que representa la probabilidad de que el conjunto de valores corresponda a una no caída (nótese que estas dos probabilidades no son complementarias, esto es, no suman 1 necesariamente). El ratio de ambas probabilidades es el ratio de probabilidad, cuyo logaritmo se conoce como ratio de probabilidad (LLR, por sus siglas en inglés).

En la tercera fase de procesado descrita más arriba, la clasificación (detección de una caída) comprende la comparación del LLR para el conjunto de valores de características con un umbral. Si se excede el umbral, se detecta una caída, de lo contrario, el evento se clasifica como una no caída. Un umbral bajo hará la detección de caídas más

probable (correspondiente a un algoritmo de detección de caídas con sensibilidad alta o más alta), pero lo hará a expensas de una mayor tasa de falsas alarmas (baja especificidad). Un umbral alto elevará la especificidad, pero lo hará a expensas de no detectar caídas (correspondiente a un algoritmo de detección de caídas con sensibilidad reducida). La curva ROC compara estos números entre sí, variando el umbral como parámetro.

Como se verá por los comentarios que figuran en la sección Sumario, más arriba, no es posible configurar el algoritmo de detección de caídas para que funcione en un punto óptimo de la curva ROC para todos los usuarios y en todas las situaciones, por lo que la invención permite que la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se adapte empleando información contextual acerca del usuario y/o del entorno del usuario.

El algoritmo de detección de caídas tendrá un nivel de sensibilidad normal o por defecto (esto es, un punto normal o por defecto en la curva ROC) que puede ser común a todos los usuarios, o un nivel de sensibilidad normal o por defecto específico a al usuario, que podrá calibrarse para el usuario en base a las evaluaciones de riesgo de caídas llevadas a cabo por el usuario cuando el sistema 2 se configure por primera vez y/o en base a las características del usuario, y/o que pueda ajustarse a largo plazo en base a evaluaciones de riesgo de caídas repetidas. El nivel de sensibilidad normal o por defecto es el nivel de sensibilidad empleado cuando el usuario sufre un riesgo normal o por defecto de caída.

Según la invención, si la información contextual sobre el usuario y/o el entorno del usuario indican que este último se encuentra temporalmente en mayor riesgo de sufrir una caída (esto es, con respecto al riesgo normal de caída para el usuario), la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta para mejorar las opciones de detección de una caída del usuario. En ciertas realizaciones, la información contextual sobre el usuario y/o el entorno del usuario pueden examinarse en más detalle para determinar si el usuario se encuentra temporalmente en un menor riesgo de sufrir una caída (esto es, con respecto al riesgo normal de caída para el usuario) o si este está tomando parte en una actividad más susceptible de generar falsas alarmas, en cuyo caso, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede reducirse temporalmente para reducir la posibilidad de generación de falsas alarmas.

El diagrama de flujo de la fig. 6 ilustra un método ejemplar de funcionamiento de un sistema de detección de caídas según la invención donde la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta cuando la información contextual indica que el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída. Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden emplear pasos similares en las siguientes realizaciones, donde la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se reduce si la información contextual indica que el usuario se encuentra en menor riesgo de sufrir una caída. La fig. 7 es un diagrama de bloques funcional que ilustra el funcionamiento de la invención según una realización ejemplar. Se apreciará que mientras el método de la fig. 6 se está llevando a cabo, el sistema de detección de caídas 2 está midiendo los movimientos del usuario a partir de los sensores de movimiento 56 y los está procesando de forma continua o periódica empleando el algoritmo de detección de caídas 54 para determinar si el usuario se ha caído.

En el paso 101, la información contextual acerca del usuario y/o su entorno es determinada por la unidad de procesamiento 10. El modo en que se determina la información contextual depende del tipo específico de información contextual y se describirá brevemente más abajo. La información contextual puede incluir cualquiera de las siguientes cosas: una indicación de si el usuario está llevando a cabo una prueba de evaluación de riesgo de caídas o entrenamiento del equilibrio, una indicación de si el usuario está caminando, una indicación de si se ha detectado un patrón de movimiento inusual para el usuario, información que indique la ubicación del usuario, información sobre el entorno del usuario, una indicación de la hora actual y/o una indicación del nivel de actividad del usuario (que puede incluir el nivel de actividad en ese momento o el perfil de actividad a lo largo de un período de tiempo, como una hora o un día).

En el paso 103, se determina si la información contextual indica si el usuario se encuentra en ese momento en un mayor riesgo de sufrir una caída. Si la información contextual no indica si el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída, el método vuelve al paso 101 y se determina información contextual adicional/nueva.

Si cualquier información contextual indica que el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída en esos momentos, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas (representada por el bloque 54 de la fig. 7) aumenta para reducir las opciones de que no se detecte una. La forma donde la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta depende de la naturaleza del algoritmo de detección de caídas empleado. Cuando se comparan cada uno de los valores de características derivados con los umbrales respectivos, aumentar la sensibilidad del algoritmo puede incluir el ajuste de uno o más de los umbrales para hacer más probable una indicación de caída positiva. Cuando se compara el conjunto de valores de características con un umbral, o cuando se compara con un umbral un valor de probabilidad para el conjunto de valores de características, aumentar la sensibilidad del algoritmo puede incluir el ajuste del valor umbral para hacer más probable la detección de caídas (esto es, reduciendo el umbral si un valor de probabilidad por encima del umbral indica una caída). Cuando se deriva un LLR y se compara con un valor umbral, ajustar la sensibilidad del algoritmo incluye el ajuste del punto de funcionamiento de la curva ROC (que resultará en el uso de un valor umbral (más bajo) distinto). Alternativamente, el módulo de memoria 14 puede guardar distintas configuraciones del algoritmo de detección de caídas, teniendo cada configuración una posición conocida en la curva ROC, y el paso 105 puede incluir la determinación de un punto de funcionamiento requerido en la curva ROC y la

selección del algoritmo de detección de caídas adecuado a usar. Alternativamente, cuando un algoritmo de detección de caídas tiene forma de máquina de estado, aumentar la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede incluir el uso de una característica diferente en la primera fase (de activación), y/o el ajuste del umbral con el que se compara la característica de activación, y/o el ajuste de los umbrales empleados en la segunda fase.

El aumento de la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas en el paso 105 es temporal y solo dura mientras el usuario se encuentra en un mayor riesgo de sufrir una caída. Una vez el riesgo de caída del usuario vuelve a niveles normales (para el usuario o para un usuario medio) o a un nivel por defecto, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se reconfigura y pasa al nivel de sensibilidad previo. En implementaciones alternativas, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede volver prácticamente a su sensibilidad previa. Esto se ilustra en los pasos 107-111 de la fig. 6.

Así, en el paso 107, se determina la información contextual adicional acerca del usuario y/o su entorno. Esta información contextual se determina del mismo modo que en el paso 101. En algunos casos, el paso 107 puede incluir la monitorización de cambios en la información contextual.

En el paso 109 se determina a partir de la información contextual determinada en el paso 107 si el usuario se encuentra todavía en un mayor riesgo de sufrir una caída. Si el usuario se encuentra aún en un mayor riesgo de sufrir una caída, el método vuelve al paso 107 y se determina información contextual adicional.

Si la información contextual indica que el usuario no se encuentra ya en un mayor riesgo de caída, el método pasa al paso 111, donde la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se reconfigura de nuevo volviendo a la sensibilidad originaria (esto es, la sensibilidad empleada antes del paso 105). El método vuelve a continuación al paso 101.

El procesado se realiza en los pasos 103-111 y está representado por un diagrama de bloques funcional 52 en la fig. 7. Tras la ejecución del algoritmo de detección de caídas 54, puede activarse una alarma 58 si se detecta una caída.

Se apreciará que, en algunas implementaciones, las operaciones de múltiples pasos en la fig. 6 pueden combinarse en un único paso. Por ejemplo, pueden combinarse los pasos 101 y 107, los pasos 103 y 109 y/o los pasos 105 y 111.

Se apreciará que los pasos 103 y 105 pueden incluir el procesado de la información contextual determinada para modificar la curva ROC empleando una red bayesiana. En la fig. 8 aparece una red bayesiana ejemplar. La red incluye distintos nodos, y cada uno de ellos representa un factor de riesgo distinto. Todos los nodos contribuyen al nodo raíz, que contiene el riesgo de caída. Hay distintos tipos de riesgos. Estos se reflejan en la jerarquía del árbol. En esta figura ejemplar, pueden verse modeladas tres clases principales. Hay datos de sensor obtenidos de la observación del usuario, información contextual a corto plazo como condiciones de iluminación en el momento, y condiciones de salud a largo plazo como enfermedades crónicas e historial de caídas. Las flechas de la red contienen las probabilidades condicionales para los valores del nodo de llegada dados el valor o los valores del nódulo o nódulos de partida. De este modo, la probabilidad de fall\_risk (riesgo de caída) se expresa mediante la unión de los factores representados por los otros nodos. Los nodos hoja se asignan con un valor por defecto, que es la probabilidad principal (el valor más comúnmente encontrado para esta población en la práctica). Cuando el valor es conocido, este se asigna al nodo que reemplaza al asignado por defecto. También puede suceder que el valor de un nodo intermedio se conozca. A continuación, se asigna este valor (también). Como consecuencia de dicho cambio de valor, el valor en los otros nodos también cambiará. Esta actualización tiene lugar de acuerdo a las probabilidades condicionales dadas. En la técnica se conocen algoritmos eficientes para llevar a cabo la actualización. Y también se conoce en la técnica una red bayesiana que puede diseñarse ventajosamente con las flechas en dirección opuesta, esto es, revertiendo la naturaleza "causa" / "efecto" de los nodos. Esto permite reducir la complejidad de la red (permitiendo una actualización más rápida) y también facilitando la llegada a los valores anteriores y de probabilidad condicional.

En algunas realizaciones, el usuario sufrirá un cierto riesgo de caídas en situaciones comunes de la vida diaria. Cuando el usuario hace ejercicio tratando de mejorar su equilibrio, por ejemplo, al nodo correspondiente (que no aparece en la figura, pero es similar al de "condiciones de iluminación") se le asignaría otro valor, y el efecto se propagaría hasta el nodo de fall\_risk, lo que a su vez llevaría al resultado 54 de la fig. 7, posiblemente tras un procesado adicional para convertir el riesgo de caídas en un punto de funcionamiento ROC (p. ej. LLR umbral). Tal y como se ha explicado arriba, la detección de "comenzando a realizar ejercicio" también puede dar el resultado 54 inmediatamente. La red bayesiana puede ser ventajosa si, por ejemplo, además del nodo contextual cambiante, se modifican otros nodos adicionales, como, por ejemplo, durante parte de la realización del ejercicio.

Como se ha dicho arriba, en realizaciones ejemplares, la información contextual determinada en el paso 101 puede incluir uno o más de los siguientes elementos: una indicación de si el usuario está realizando una prueba de evaluación de riesgo de caídas o entrenamiento de equilibrio, indicación de si el usuario está caminando, indicación de si se ha detectado un patrón de movimiento inusual para el usuario, información que indique la ubicación del usuario, información sobre el entorno del usuario, indicación de la hora actual y/o indicación del nivel de actividad del usuario.

Cuando la información contextual incluya una indicación sobre si el usuario está realizando una prueba de evaluación

de riesgo de caída o entrenamiento de equilibrio, el sistema de detección de caídas 2 puede determinar esta información contextual de diversas maneras. Por ejemplo, un usuario puede interactuar con el sistema 2 al principio del a prueba de evaluación o el entrenamiento de equilibrio para indicar que van a comenzar una prueba o un entrenamiento (esta forma es en especial el caso cuando el sistema de detección de caídas 2 también se usa como parte de la prueba de evaluación o para monitorizar el entrenamiento de equilibrio. La interacción puede incluir que el usuario realice un gesto predefinido con el dispositivo de usuario 4, pulse un botón del dispositivo de usuario 4, o seleccione una opción dentro de una interfaz de usuario basada en menú. Alternativamente, un profesional médico que trabaje con el usuario puede proporcionar información o una señal al sistema 2 indicando que la prueba de evaluación o el entrenamiento van a empezar. En algunos casos, puede llevar una considerable cantidad de tiempo preconfigurado (en cuyo caso, se conoce el final), pero en los demás casos el usuario i el profesional médico pueden realizar otra interacción con el sistema 2 para indicar que la prueba o el entrenamiento están completos. Alternativamente, el hecho de completar la prueba o el entrenamiento puede detectarse desde el procesado de las mediciones de los sensores de movimiento. Se apreciará que cuando un usuario está realizando una prueba de evaluación de riesgo de caída, un entrenamiento de equilibrio u otros ejercicios, se ponen a prueba y se llevan al límite sus capacidades físicas, lo cual pone al usuario en un mayor riesgo de caerse durante la prueba o el entrenamiento. Así, cuando la información contextual determinada en el paso 101 indica que el usuario está realizando una prueba de evaluación de riesgo de caída o un entrenamiento de equilibrio u otros ejercicios, se determina en el paso 103 que el usuario se encuentra en mayor riesgo de caerse y que la sensibilidad del algoritmo de detección aumenta en el paso 105. Una vez la información contextual indica que el usuario ha completado o finalizado la prueba o el entrenamiento, la sensibilidad del algoritmo de detección de caías puede reducirse o reconfigurarse y pasar a la configuración anterior.

Cuando la información contextual incluye una indicación de que el usuario está caminando, la unidad de procesamiento 10 puede determinar si el usuario está caminando mediante el procesado de las mediciones de los sensores de movimiento 6, 8 para identificar un patrón que coincida con la marcha (como movimientos de talón regulares, etc.). Las técnicas para procesar las mediciones del sensor de movimiento para identificar patrones de marcha son conocidas en el arte y no se describirán en mayor profundidad aquí. Alternativamente o además, si el sistema de detección de caídas 2 incluye alguna forma de función de seguimiento de la ubicación (por ejemplo, un receptor de sistema de posicionamiento vía satélite), puede inferirse una indicación de que el usuario está caminando por los cambios en la ubicación del usuario. Caminar aumenta el riesgo de caída del usuario y, por lo tanto, cuando la información contextual indica que el usuario está caminando, se considera que el usuario sufre mayor riesgo de caída (paso 103) y, por lo tanto, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta mientras se determina que el usuario está caminando. Si la unidad de procesamiento 10 determina que el usuario ya no está caminando, el riesgo de caída del usuario pasa a ser inferior y la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede reducirse o reconfigurarse y pasar a la configuración anterior.

Cuando la información contextual incluye una indicación sobre si se ha detectado un patrón de movimiento inusual para el usuario, la unidad de procesamiento 10 puede determinar si esto es así procesando las mediciones de los sensores de movimiento 6, 8. Los patrones inusuales de movimiento pueden ser patrones de movimiento fuera del rango normal de movimientos de un usuario, lo cual puede ser el resultado del comienzo de un entorno nuevo o físicamente desafiante (p. ej., subir una cuesta o caminar por un terreno irregular). Los patrones de movimiento inusuales fuera del rango normal podrían incluir movimientos como resbalones y tropiezos del usuario. Se ha demostrado que los traspies (incluidos los resbalones y los tropiezos) son más frecuentes que las caídas y se ha sugerido que los resbalones podrían ser un indicador válido para el riesgo de caídas (Srygley, J. M., T. Herman, et al. (2009). "Self-report of missteps in older adults: a valid proxy of fall risk?" Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 90(5): 786-792.). Los algoritmos de aprendizaje de máquina pueden usarse para aprender las características de movimiento típicas de un usuario concreto. Las perturbaciones de estos movimientos característicos (esto es, patrones de movimiento fuera del rango normal) pueden cuantificarse para identificar casi caídas. Los patrones de movimiento inusuales fuera del rango normal también pueden tener lugar cuando se camina más rápido de lo habitual (por ejemplo, cuando el usuario apura el paso para coger un autobús), o cuando se pasea al perro (por ejemplo, si el perro de repente tira de la correa). Los patrones de movimiento inusuales podrían también incluir recoger un objeto del suelo si el usuario realiza este movimiento de forma infrecuente. En algunas implementaciones, un patrón de movimiento inusual puede ser cualquier movimiento o actividad que el usuario realice rara vez o nunca realice en su rutina diaria. Durante un patrón de movimiento inusual, se considera que el usuario se encuentra en mayor riesgo de caída, por lo que la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta. Una vez la unidad de procesamiento 10 determina que los patrones de movimiento inusuales ya no están presentes en los movimientos del usuario (esto es, que el usuario ya no está realizando el patrón de movimiento inusual), la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede reducirse o reconfigurarse y pasar a la configuración anterior.

Cuando la información contextual incluya una indicación sobre la ubicación del usuario, esta información puede proporcionarse mediante mediante una función de seguimiento de la localización del sistema de detección de caídas 2, como un receptor del sistema de posicionamiento vía satélite y/o un sistema de localización para interiores. La unidad de procesamiento 10 puede interpretar la información sobre localización proporcionada por el receptor o el sistema de localización para interiores y determinar un contexto para la ubicación, como, por ejemplo, la casa del usuario, un hospital, tiendas, etc., y/o la parte de la casa donde se encuentra el usuario, como, por ejemplo, la sala de estar, el baño, las escaleras, etc. Alternativamente o, además, la unidad de procesamiento 10 puede determinar si la ubicación del usuario coincide con una ubicación donde el usuario u otros usuarios se hayan caído con anterioridad

- (con una coincidencia con una de esas ubicaciones que indique que el usuario puede encontrarse en un mayor riesgo de caída). Un usuario puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando se encuentra en lugares desconocidos (p. ej., tiendas), en el exterior y/o en ciertas partes de su casa, como, por ejemplo, el baño (que puede estar húmedo y resbaladizo) o las escaleras, y, por lo tanto, si la información contextual indica que el usuario se encuentra en un lugar conocido donde puede haber mayor riesgo de caída, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumentará, mientras el usuario se encuentre en ese lugar. Cuando el usuario se traslada a una nueva ubicación con riesgo de caída menor o normal, la sensibilidad del algoritmo puede reducirse o reconfigurarse y pasar a la configuración anterior.
- 5
- 10 Cuando la información contextual incluye información sobre el entorno del usuario, esta información puede incluir cualquier indicación sobre luz ambiente en la ubicación del usuario (siendo el bajo nivel de luz responsable de que el usuario se encuentre en un mayor riesgo de caída a causa de la visibilidad reducida) que puede medirse empleando un sensor lumínico del sistema de detección de caídas 2, una indicación acerca de la regularidad o irregularidad del suelo (incluido si hay pendientes o escaleras), una indicación acerca del tiempo y la temperatura en el momento en cuestión (siendo, por ejemplo, la lluvia o el hielo responsables de aumentar el riesgo de caída del usuario), una
- 15 indicación acerca del nivel de ruido ambiente (siendo, por ejemplo, los niveles más elevados de ruido ambiente responsables de aumentar el riesgo de desorientación o confusión del usuario y haciendo que aumente el peligro de caída para este), etc. Si la información contextual relativa al entorno del usuario indica que hay baja iluminación, que el terreno es irregular, que está lloviendo o que hay hielo y/o que hay un ruido particularmente excesivo, el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída, y la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede aumentar en el paso 105. Si la información contextual indica que hay buena iluminación en el entorno, que el suelo es relativamente regular, que no está húmedo, que no llueve ni hay hielo y/o que no es particularmente ruidoso, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede reducirse o reconfigurarse y pasar a la sensibilidad anterior.
- 20
- 25 Cuando la información contextual incluye una indicación sobre la hora actual, esta puede proporcionarse mediante un reloj interno de la unidad de procesamiento 10. El usuario puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída durante ciertas horas del día, por ejemplo, por la noche o justo antes y después de haber tomado una dosis de medicación pautada, por lo que el paso 103 puede incluir la comparación de la hora actual con la pauta de una medicación predeterminada y/o con un rango horario si se cree que el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída.
- 30
- 35 Cuando la información contextual incluye una indicación acerca del nivel de actividad del usuario, la unidad de procesamiento 10 puede determinar el nivel de actividad a partir de las mediciones de los sensores de movimiento 6, 8. Las técnicas para determinar un nivel de actividad a partir de los sensores de movimiento se conocen en la técnica, por lo que no se describirán aquí en detalle. El nivel de actividad puede determinarse para el usuario en el momento en cuestión (esto es, cuando se realice el paso 103) o puede determinarse un perfil de actividad para un cierto período, como una hora o un día, a partir de las mediciones de los sensores de movimiento 6, 8. El usuario puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída cuando está más activo, por lo que el paso 103 puede incluir la comparación del nivel de actividad determinado con un umbral, determinándose que el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída si el nivel de actividad supera dicho umbral. En ese caso, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede aumentar mientras el usuario se encuentre particularmente activo. Una vez el nivel de actividad del usuario caiga por debajo del umbral, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede reducirse o reconfigurarse y pasar a la configuración anterior. En algunas realizaciones, si se determina un perfil de actividad, este puede compararse con otros perfiles de actividad determinados para períodos previos con el fin de determinar si el usuario es más activo de lo normal o si está fatigado (por ejemplo, tras un período donde haya estado más activo de lo normal o particularmente activo), y si la comparación indica que el usuario está más activo de lo habitual o fatigado, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede aumentar temporalmente hasta que el perfil de actividad vuelva a su nivel normal.
- 40
- 45
- 50 En ciertas realizaciones, la información contextual puede incluir o ser una indicación de la variabilidad en el patrón de marcha del usuario, dado que la variabilidad en el patrón de marcha puede verse afectada por la fatiga (según se describe en "Physical Fatigue Affects Gait Characteristics in Older Persons". Helbostad et al., Journal of Gerontology: Medical Sciences, 2007, Vol 62A, No. 9, 1010-1015), aumentando la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas si la información contextual indica que el usuario se encuentra fatigado.
- 55
- 60 La información contextual puede también o alternativamente incluir otra información sobre el usuario, como una indicación de si el usuario está haciendo uso de ayudas para caminar, como bastones o andadores (si debe utilizar este tipo de ayuda para caminar), una indicación de si el usuario lleva gafas (si el usuario debe llevarlas habitualmente), y/o una indicación del tipo de de calzado que lleva el usuario. Si la información contextual indica que el usuario no está usando la ayuda para caminar que debe usar, ni se pone las gafas y/o no lleva el calzado adecuado, su riesgo de sufrir una caída aumenta y la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede aumentar también. Los expertos en el arte conocerán las distintas técnicas y los sensores que pueden emplearse para determinar si el usuario está utilizando ayudas para caminar, si se está poniendo sus gafas y si lleva el calzado adecuado.
- 65
- En las realizaciones donde la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se ve reducida si la información contextual indica que el usuario se encuentra temporalmente en menor riesgo de sufrir una caída o si el usuario está

realizando una actividad que es más probable que genere falsas alarmas, dicha información contextual puede indicar, por ejemplo, que el usuario está realizando un deporte o una actividad donde se llevan a cabo movimientos que implican doblar el cuerpo, impactos y/o tocar el suelo (por ejemplo, golf, jardinería, etc.).

5 El diagrama de flujo de la fig. 9 ilustra una realización específica de la invención. En esta realización, la información contextual incluye una indicación sobre si el usuario está realizando una prueba de evaluación de riesgo de caída y si está realizando una actividad de alto riesgo (por ejemplo, caminar, caminar por un suelo irregular, subir o bajar escaleras, moverse por el baño, etc.). En esta realización, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta mientras la información contextual indica que el usuario se encuentra en mayor riesgo de sufrir una caída. Los expertos en la técnica apreciarán que se puede emplear un método similar cuando la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas deba reducirse aún más mientras la información contextual indique que el usuario se encuentra en menor riesgo de sufrir una caída. En esta realización, el sistema de detección de caídas 2 también está configurado para realizar la prueba de evaluación de riesgo de caída y, por consiguiente, el sistema 2 está configurado para funcionar en tres modos diferentes. El primero es un modo de detección de caídas donde el sistema 2 procesa las mediciones de los sensores de movimiento 6, 8 para detectar una caída según se describe más arriba. El segundo es un modo de recopilación de datos de evaluación de riesgo de caída que se activa cuando el usuario comienza la evaluación de riesgo de caída (en esta realización se la indica al sistema 2 el usuario, que realiza un gesto predefinido con el dispositivo de usuario 4, como agitar el dispositivo 4, mover el dispositivo 4 según un patrón predefinido, o pulsando un botón en el dispositivo 4) y donde el sistema 2 guarda las mediciones de los sensores de movimiento 6, 8 en el módulo de memoria para su subsiguiente análisis. Durante la evaluación de riesgo de caída, el usuario realiza ciertos movimientos y/o ejercicios para evaluar el riesgo de caída. La finalización del modo de recopilación de datos de evaluación de riesgo de caídas puede ser indicada al sistema 2 por el usuario (por ejemplo, realizando otro gesto o el mismo gesto predefinido con el dispositivo de usuario 4 o pulsando el mismo botón u otro botón), o puede finalizar tras un período predeterminado. Tras completar el modo de recopilación de datos, el sistema 2 volverá a funcionar en el modo de detección de caídas. El tercer modo es un modo de análisis de datos sobre riesgos de caída donde los movimientos medidos y guardados durante el modo de recopilación de datos de evaluación de riesgo de caída se analizan para determinar o estimar el riesgo de caída para el usuario. El modo de análisis de datos puede activarse automáticamente al finalizar el modo de recopilación de datos, o puede activarse a una hora predeterminada o en respuesta a una introducción de datos por parte del usuario (por ejemplo, según indique el usuario realizando otro gesto con el dispositivo de usuario 4 o pulsando otro botón). Tras completar el modo de análisis de datos, el sistema 2 volverá a funcionar en el modo de detección de caídas.

Mientras el dispositivo de usuario 4 esté en funcionamiento en el modo de recopilación de datos y almacene los datos sobre medición de movimientos recopilados durante la evaluación de riesgo de caída y y esté funcione en el modo de análisis de datos y determine el riesgo de caída, el dispositivo de usuario 4 está preferentemente procesando las mediciones de movimiento del usuario en tiempo real o casi en tiempo real para determinar si el usuario se ha caído (igual que si el dispositivo de usuario 4 estuviera funcionando en el modo de detección de caídas). Si el sistema de detección de caídas 2 detecta una caída mientras está en modo de recopilación de datos o modo de análisis de datos, se activará una alarma de forma normal (esto es, como si el sistema 2 estuviera funcionando en el modo de detección de caídas).

Hay diversos movimientos diferentes y/o ejercicios que el usuario podría realizar como parte de una evaluación de riesgo de caída. Cada movimiento o ejercicio puede poner a prueba la capacidad del usuario para caminar, su equilibrio, su fuerza o su tiempo de reacción o cualquier combinación de estos factores. Los ejemplos de movimientos y/o ejercicios adecuados incluyen permanecer de pie en distintas posiciones (por ejemplo, con los pies juntos, con un pie delante del otro en posición de avance, con un pie delante del otro formando una línea recta (punta con talón), sobre un pie, etc.), caminando, pasando de estar sentado a estar de pie (esto es, levantarse a partir de posición sentado), una prueba cronometrada «levántate y anda» (para cronometrar cuánto le lleva al usuario levantarse, caminar una cierta distancia y volver a la posición de sentado en la silla), y una prueba de reacción que incluya la medición del tiempo que le lleva al usuario reaccionar a los estímulos visuales y/o auditivos del dispositivo de usuario 4, coger un objeto situado en un nivel más bajo (por ejemplo, el suelo), o girarse sobre un ángulo predeterminado (por ejemplo, 360 grados). El usuario puede realizar estos movimientos o ejercicios con distintos niveles de dificultad para ofrecer una mejor indicación de su riesgo de caída. Estos movimientos y ejercicios también se suelen incluir en un programa de ejercicios para prevención de caídas dirigido a ayudar al usuario a reducir su riesgo de caída progresivamente.

El uso de estos movimientos y/o ejercicios para evaluar el riesgo de caída se conoce en la técnica, puesto que se trata de técnicas identificativas empleadas en mediciones del movimiento de un usuario y en el análisis del grado de logro positivo del usuario en dichos movimientos y ejercicios, por lo que las técnicas detalladas para procesar las mediciones del movimiento no se proporcionarán aquí.

En la fig. 7 se muestra un método más detallado de funcionamiento de un dispositivo de usuario 4 según una realización de la invención. En esta realización, el modo de detección de caídas comprende dos niveles de procesamiento. En un primer nivel, una fase de baja potencia, la unidad de procesamiento 10 analiza las aceleraciones medidas para una única característica fácilmente detectada de una caída, como el impacto (por ejemplo, una aceleración superior al valor umbral). Este procesamiento de baja potencia puede realizarse para cada nuevo bloque de

datos de medición. Cuando se detecte la característica, la unidad de procesamiento 10 activará el procesado de detección de caídas completo y se procesarán las mediciones para detectar si hay otras características de una caída, como por ejemplo una caída libre, un cambio en altura, un cambio de orientación, etc.

5 En la fig. 9, el sistema 2 comienza en el modo de detección de caídas con una sensibilidad estándar para el algoritmo de detección de caídas. El algoritmo de detección de caídas incluye una fase inicial de procesado de baja potencia donde se busca una característica de activación en los datos del sensor de movimiento y una fase de procesado completa que se activa cuando se encuentra la característica de activación.

10 Para cada bloque de nuevos datos de medición (301) la unidad de procesamiento 10 comprueba si se reconoce un primer gesto predefinido (por ejemplo, encendido del dispositivo 4 para comenzar o parar el modo de recopilación de datos) (303). Si no se reconoce el primer gesto predefinido, la unidad de procesamiento 10 comprueba si el algoritmo de detección de caídas debe activarse (305) (esto es, mediante el procesado de los datos de movimiento). De lo contrario, la unidad de procesamiento 10 comprueba si se reconoce un segundo gesto predefinido empleado para comenzar el análisis de datos (por ejemplo, agitar el dispositivo 4) (307). De lo contrario, la unidad de procesamiento 15 10 comprueba si el dispositivo 4 ya se encuentra en el modo de recopilación de datos de evaluación de riesgo de caída (308). De lo contrario, el dispositivo de usuario 4 continuará funcionando en el modo de detección de caídas (y en particular empleando el procesado de baja potencia para los datos de la medición), lo cual significa que no se guardará ningún dato en el dispositivo de usuario 4, no se activarán los temporizadores y el algoritmo de detección de caídas completo no funcionará, ni se analizarán los datos guardados para determinar el riesgo de caídas.

25 En este punto, también se comprueba si la información contextual indica si el usuario está realizando una actividad de alto riesgo (309). De lo contrario, la unidad de procesamiento 10 volverá al paso 301 y funcionará en el siguiente bloque de datos de medición. Si la información contextual indica que el usuario está realizando una actividad de alto riesgo, el método pasa al paso 310 donde aumenta la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas. El algoritmo de detección de caídas con sensibilidad aumentada se emplea entonces para procesar el siguiente bloque y los bloques sucesivos de datos de medición 301 hasta que la información contextual indica que el usuario ya no se encuentra en riesgo elevado de caída.

30 Se apreciará que las comprobaciones en 303 (para el primer gesto predefinido realizado), 305 (para la detección de caída activada) y 307 (para el segundo gesto predefinido realizado) pueden llevarse a cabo en un orden distinto al que se muestra en la fig. 9. También se apreciará que las comprobaciones pueden realizarse simultáneamente en vez de en serie.

35 Si en el paso 303 se reconoce el primer gesto predefinido, el dispositivo de usuario 4 comprobará si el dispositivo 4 ya está funcionando en modo de recopilación de datos de evaluación de riesgo de caída (311). De lo contrario, el modo de recopilación de datos comenzará y se activará un temporizador (312). Durante el modo de recopilación de datos, los datos se guardarán y el temporizador seguirá corriendo. Como el usuario está realizando una evaluación de riesgo de caída, se entiende que se encuentra en un alto riesgo de caída y, por consiguiente, la sensibilidad del algoritmo de 40 detección de caídas aumenta (313), a menos que el algoritmo de detección de riesgo de caída ya esté funcionando a una mayor sensibilidad según lo descrito en 310 más arriba. Este algoritmo de detección de caídas de sensibilidad aumentada se emplea a continuación en el paso 305 y en los pasos subsiguientes para procesar los datos de movimiento con el fin de detectar si ha tenido lugar una caída. Si se determina en el paso 311 que el dispositivo de usuario 4 ya se encuentra en el modo de recopilación de datos, este modo se parará y el temporizador se desactivará 45 (314). Como el modo de recopilación de datos ha terminado, se entiende que el usuario ya no está realizando ejercicios o movimientos y, por consiguiente, se entenderá que no se encuentra en riesgo elevado de sufrir una caída. Por lo tanto, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede volver a reducirse a la sensibilidad estándar (315) (o al valor más cercano a la misma). El método continúa a continuación desde el paso 305.

50 Si en el paso 305 se determina que se necesita el algoritmo de detección de caídas completo, la unidad de procesamiento 10 procesa las mediciones para determinar si se ha caído el usuario (317 y 319). Si se detecta una caída, los datos de la medición relativos a la caída pueden guardarse para su análisis posterior, puede activarse una alarma y puede solicitarse ayuda a un centro de asistencia telefónica o a un servicio de emergencias (321).

55 En algunas realizaciones, se puede proporcionar información de retorno al sistema de detección de caídas 2, por ejemplo, desde el centro de asistencia, indicando si la caída detectada fue real o una falsa alarma (322). Esta indicación puede proporcionarla el personal del centro de asistencia telefónica tras la conversación entre el personal y el usuario. Alternativamente o, además, el propio sistema 2 puede determinar la información de retorno acerca de si la caída fue real en respuesta a la pulsación de un botón por parte del usuario para revocar la alarma y/o el sistema 60 (2) puede determinarla detectando si el usuario se ha levantado y/o se encuentra 'normalmente' activo tras la detección de una caída. Después, 322, el modo de recopilación de datos (o el modo de análisis de datos, en caso de estar activado) parará (323) y los temporizadores se pararán. La sensibilidad del algoritmo de detección de caídas puede ajustarse a continuación (por ejemplo, aumentándola o reduciéndola) en base a si la caída detectada ha sido real. El dispositivo 4 funcionará a continuación en el siguiente bloque de datos de medición (301).

65 Si no se detectan caídas en el paso 319 o si el procesado completo para la detección de caídas no se activa en el

5 paso 305, la unidad de procesamiento 10 comprueba el segundo gesto predefinido (307). Si el segundo g esto predefinido se reconoce en los datos de la medición, el dispositivo de usuario 4 funcionará en el modo de análisis de datos (325), en el cual se procesarán todos los datos guardados durante el modo de recopilación de datos desde la última vez que se hubiera implementado el modo de análisis de datos para determinar el riesgo de caídas. Si el modo de análisis de datos se activa en 325, el modo de recopilación de datos (de seguir activado) se apagará y se parará cualquier temporizador que esté activado (323). En ese caso, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se reducirá al nivel normal (310).

10 Si no se reconoce el segundo gesto predefinido en 307, pero se reconoce en 308, el modo de recopilación de datos se determinará como activo y se comprobará en 327 si el temporizador ha finalizado (esto es, se comprobará si el tiempo transcurrido desde la iniciación de la recopilación de datos ha alcanzado un valor umbral). Si el temporizador ha finalizado, se desactivará el modo de recopilación de datos (323). La sensibilidad del algoritmo de detección de caídas se reducirá o pasará al nivel de sensibilidad normal. Si el temporizador no ha finalizado aún, el bloque de datos recibido en 301 se guardará (329).

15 Tras completarse el modo de análisis de datos habrá una marca de riesgo de caídas nueva o actualizada para el usuario y la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas podrá ajustarse adecuadamente en base a la marca de riesgo de caídas nueva o actualizada.

20 El procedimiento se repetirá para el siguiente bloque de datos de medición (301). El siguiente bloque de datos de medición puede ser contiguo al anterior bloque de datos de medición (esto es, sin huecos entre los bloques de datos) o no contiguo al anterior bloque de datos de medición, o solaparse con el anterior bloque de datos de medición (por ejemplo, la muestra o el conjunto de muestras más antiguas del bloque de datos anterior pueden descartarse y pueden añadirse una nueva muestra o un nuevo conjunto de muestras a las restantes muestras para formar el siguiente bloque de datos de medición). Los bloques de datos de medición no contiguos pueden utilizarse, por ejemplo, cuando se detecte poco o ningún movimiento en el bloque de datos de medición previo (por ejemplo, porque el usuario está acostado o sentado), lo cual reduce el consumo de energía del dispositivo de usuario 4.

25 Aunque no aparece en la fig. 9, si el usuario pulsa en cualquier momento un botón de ayuda personal en el dispositivo de usuario 4, el procedimiento va directamente al paso 321 y se activa una alarma y se pide ayuda para el usuario desde el dispositivo de usuario 4.

30 Por lo tanto, se proporcionan un sistema y un método que permiten la detección más fiable de las caídas cuando el usuario está realizando una actividad de mayor riesgo o cuando su entorno hace que sufra un mayor riesgo de caída, manteniendo, en gran medida, al mínimo la ocurrencia de falsas alarmas.

35 Si bien la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción anterior, dichas ilustración y descripción deben considerarse ilustrativas o ejemplificativas y no restrictivas; la invención no se limita a las realizaciones descritas. La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas 1-14.

40

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de detección de caídas (2) para detectar caídas por parte de un usuario, dicho sistema de detección de caídas (2) comprende: una unidad de procesamiento (10) configurada para:
- 5 determinar información contextual acerca del usuario y/o el entorno donde se encuentre el usuario
- 10 aumentar temporalmente la sensibilidad de un algoritmo de detección de caídas por parte de un usuario en caso de que la información contextual determinada indique que el usuario se encuentra en un momento dado en mayor riesgo de caída; el aumento temporal de la sensibilidad tiene lugar mientras la información contextual determinada indica un mayor riesgo de caída;
- 15 Determinar información contextual adicional acerca del usuario y/o el entorno donde se encuentre el usuario; y reconfigurar o reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas si la información contextual adicional indica que el usuario ya no se encuentra en un mayor riesgo de sufrir una caída.
2. Un sistema de detección de caídas (2) según la reivindicación 1, donde la información contextual incluye una indicación acerca de si el usuario está llevando a cabo un test de evaluación de riesgo de caídas o ejercicios de equilibrio; y la unidad de procesamiento (10) está configurada para determinar si el usuario se encuentra en un momento dado en mayor riesgo de sufrir una caída cuando la información contextual indique que el usuario está realizando un test de evaluación de riesgo de caídas o los ejercicios de equilibrio.
- 20 3. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la información contextual incluye una indicación acerca de si el usuario está caminando, y la unidad de procesamiento (10) está configurada para determinar si el usuario se encuentra en un momento dado en mayor riesgo de sufrir una caída cuando la información contextual indique que el usuario está caminando.
- 25 4. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la información contextual incluye una indicación acerca de si se ha detectado un patrón de movimiento inusual para el usuario, y la unidad de procesamiento (10) está configurada para determinar si el usuario se encuentra en un momento dado en mayor riesgo de sufrir una caída cuando la información contextual indique un patrón de movimiento inusual.
- 30 5. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la información contextual comprende una indicación de la ubicación actual del usuario, y la unidad de procesamiento (10) está configurada para determinar
- 35 si el usuario se encuentra en ese momento en un mayor riesgo de sufrir una caída si la ubicación donde se encuentra es una ubicación conocida donde el usuario se encuentre ne un mayor riesgo de caída.
- 40 6. Un sistema de detección de caídas (2) según la reivindicación anterior donde la información contextual sobre el entorno donde se encuentra el usuario incluye indicaciones sobre la iluminación ambiente en dicho lugar, la regularidad o irregularidad del terreno, las condiciones atmosféricas y de temperatura en el momento en cuestión y/o el nivel ruido ambiente; y la unidad de procesamiento (10) está configurada para determinar si el usuario se encuentra
- 45 en un momento dado en mayor riesgo de sufrir caídas si la iluminación ambiente se encuentra por debajo de cierto umbral, si el terreno es irregular, si hay humedad y/o si la temperatura es inferior a un cierto valor y/o si el nivel de ruido ambiente supera un cierto umbral.
- 50 7. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la información contextual incluye una indicación acerca de la hora actual, y la unidad de procesamiento (10) está configurada para determinar si la hora actual se encuentra dentro de uno o más periodos especificados.
- 55 8. Un sistema de detección de caídas (2) según la reivindicación 7, donde dichos uno o más rangos horarios especificados incluyen la noche y/o las horas justamente anteriores y/o posteriores a la toma de una dosis de medicación pautada.
- 60 9. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la información contextual comprende una indicación de si el usuario está utilizando una ayuda para caminar, si lleva gafas y/o una indicación del tipo de calzado que lleva, y la unidad de procesamiento está configurada para determinar si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir una caída si el usuario no está utilizando la ayuda para caminar que precisa, si no lleva las gafas y/o si no lleva el calzado adecuado.
- 65 10. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la información contextual incluye una indicación acerca del nivel de actividad del usuario y la información contextual indica que el usuario se encuentra en un momento dado en mayor riesgo de sufrir una caída si dicho nivel de actividad se encuentra por encima de un cierto umbral de nivel de actividad.

- 5 11. Un sistema de detección de caídas (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de procesamiento (10) está además configurada para determinar si la información contextual determinada indique que el usuario se encuentra o puede encontrarse en menor riesgo de sufrir una caída, y para reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas mientras la información contextual determinada indique un menor riesgo de caídas.
- 10 12. Un método para operar un sistema para la detección de caídas por parte de un usuario, dicho método comprende:
- 15 determinar (101) información contextual acerca del usuario y/o el entorno donde se encuentre el usuario;
- en caso de que la información contextual determinada indique que el usuario se encuentra en un momento dado en mayor riesgo de sufrir una caída, aumentar temporalmente (105) la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas utilizado para detectar caídas por parte de un usuario mientras la información contextual determinada indique un mayor riesgo de caídas.
- 20 determinar (107) información contextual adicional acerca del usuario y/o el entorno donde se encuentre el usuario; y
- reconfigurar (111) o reducir la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas si la la información contextual adicional indica que el usuario ya no se encuentra en un mayor riesgo de sufrir una caída.
- 25 13. Un método según la reivindicación 12, dicho método comprende además el paso siguiente:
- operar inicialmente el sistema de detección de caídas con el algoritmo de detección de caídas configurado a una sensibilidad normal correspondiente a un riesgo de caída normal por parte del usuario;
- 30 donde la información contextual indica si el usuario se encuentra o puede encontrarse en mayor riesgo de sufrir caídas con respecto a su riesgo normal de sufrir caídas, la sensibilidad del algoritmo de detección de caídas aumenta por encima de la sensibilidad normal.
- 35 14. Un programa informático con un código legible por ordenador integrado y configurado de tal forma que, al ejecutarse en un ordenador o unidad de procesamiento adecuada, dicho ordenador o dicha unidad de procesamiento lleva a cabo el método de las reivindicaciones 12 o 13.

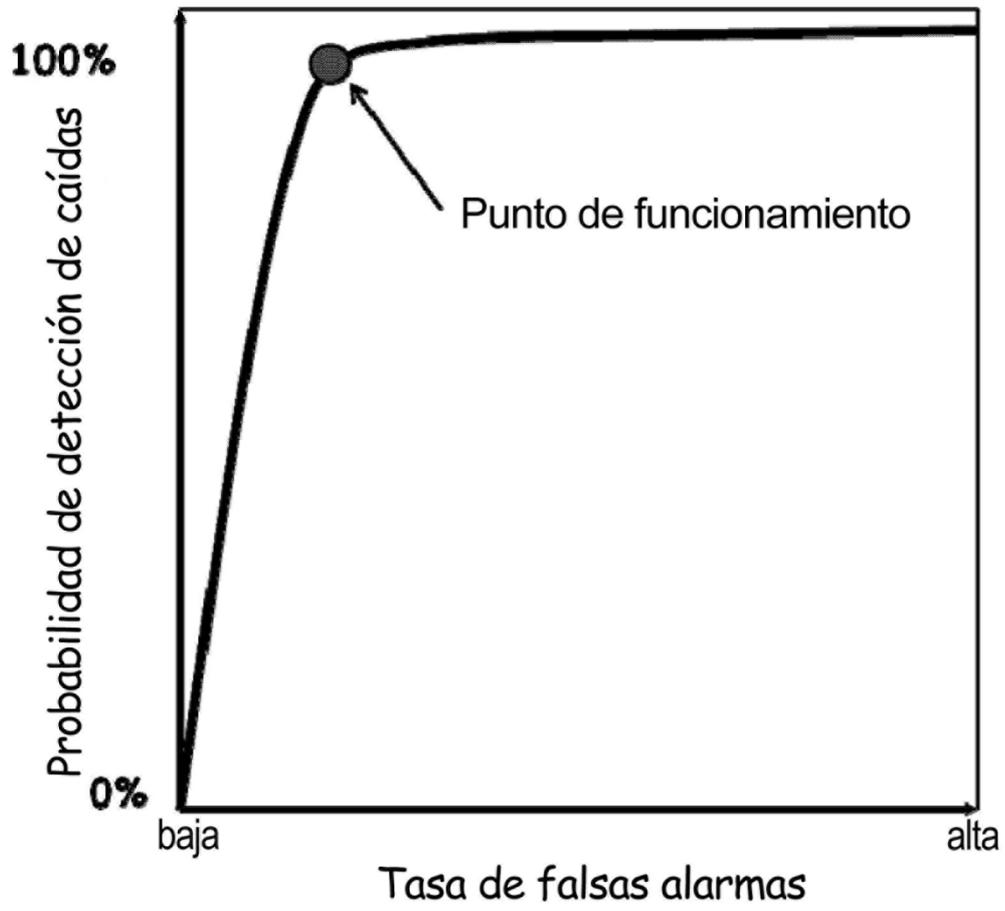


Figura 1

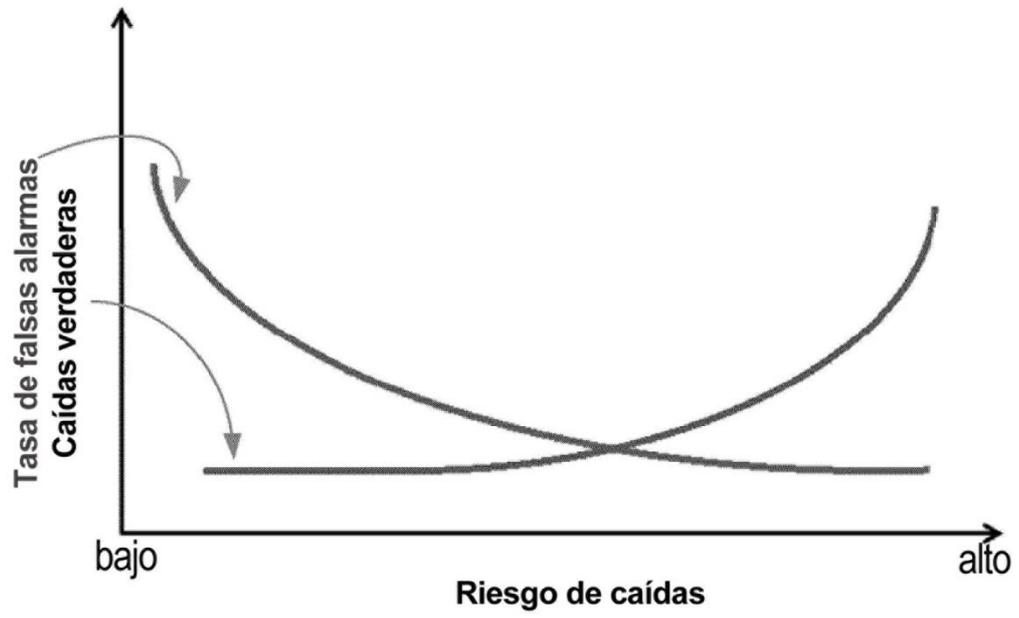


Figura 2

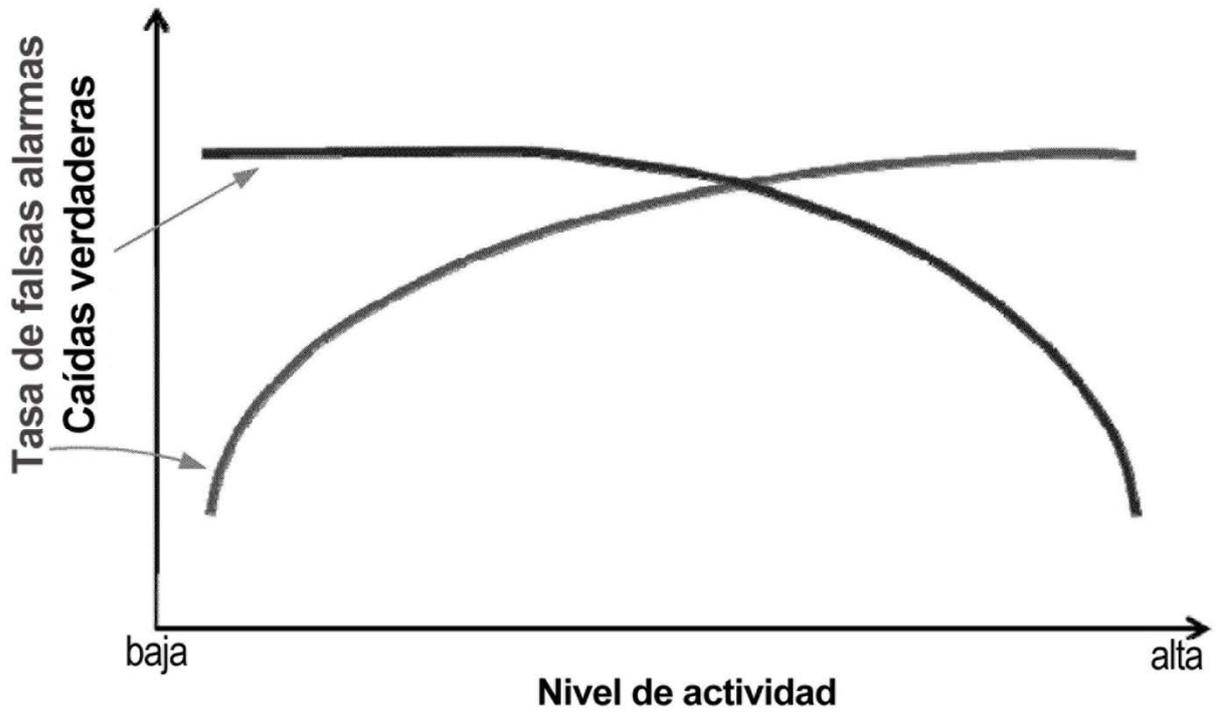


Figura 3

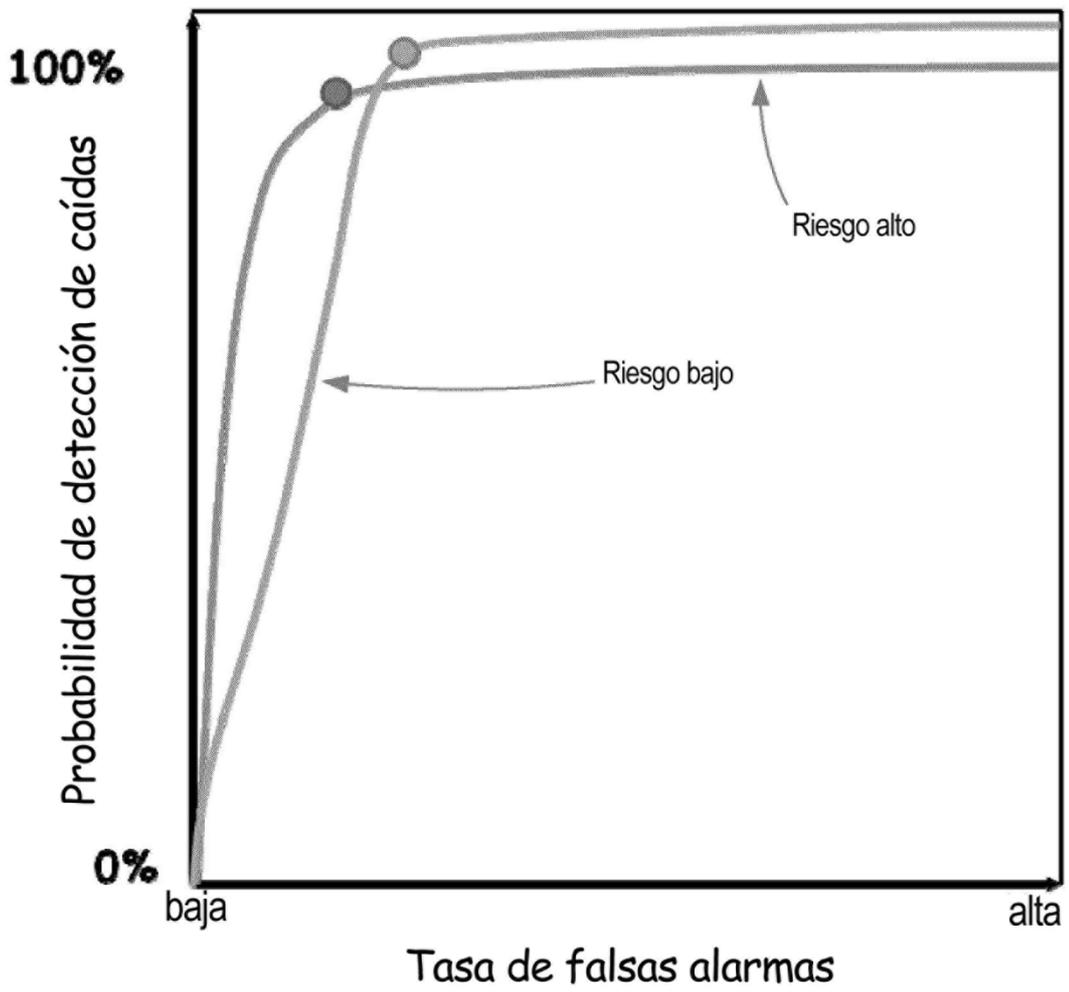


Figura 4

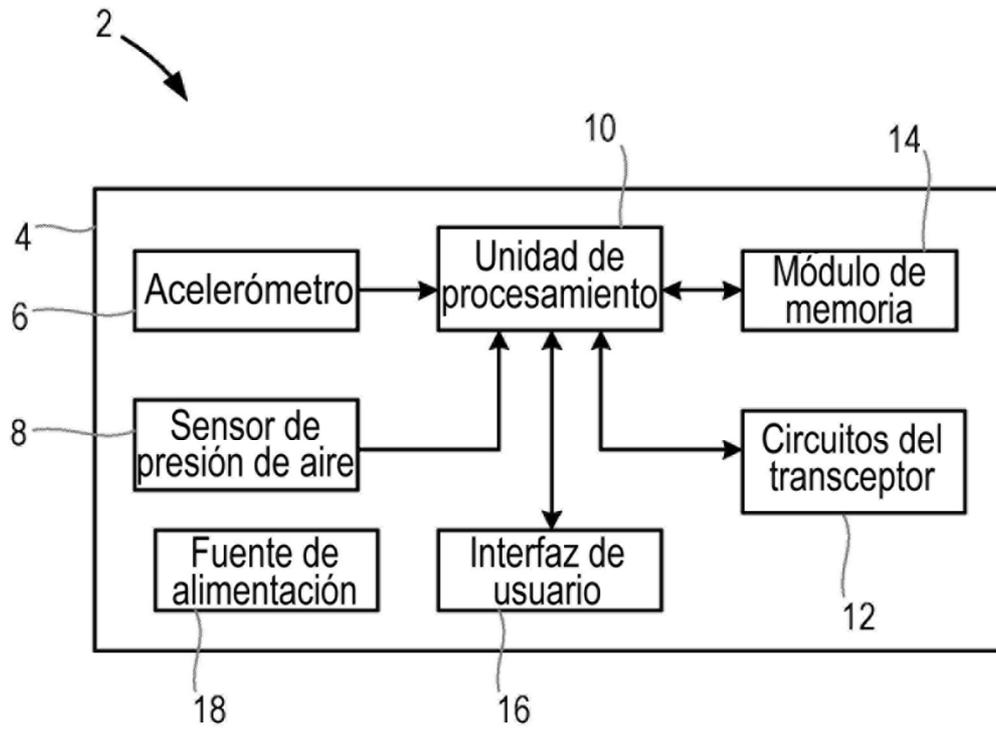


Figura 5

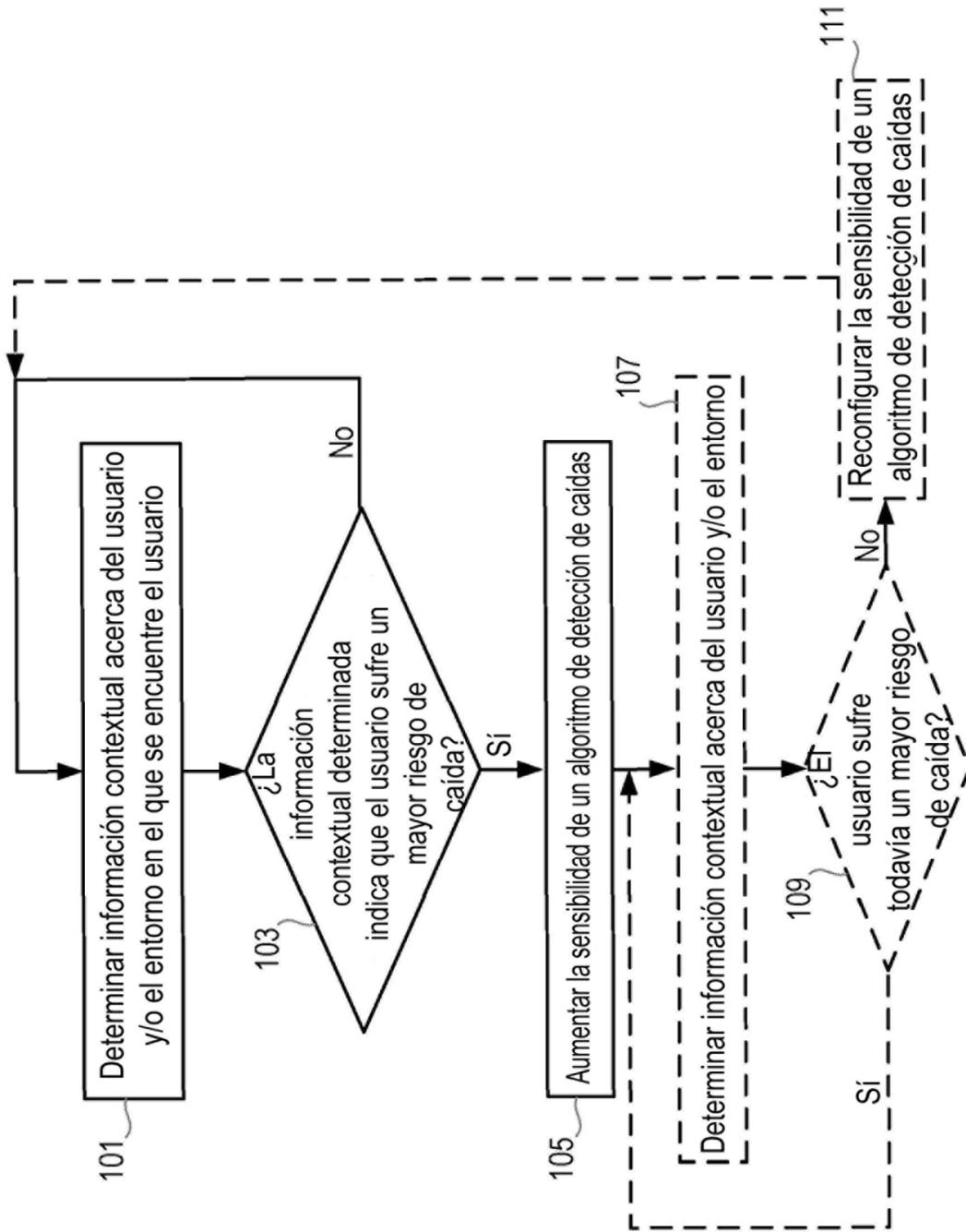


Figura 6

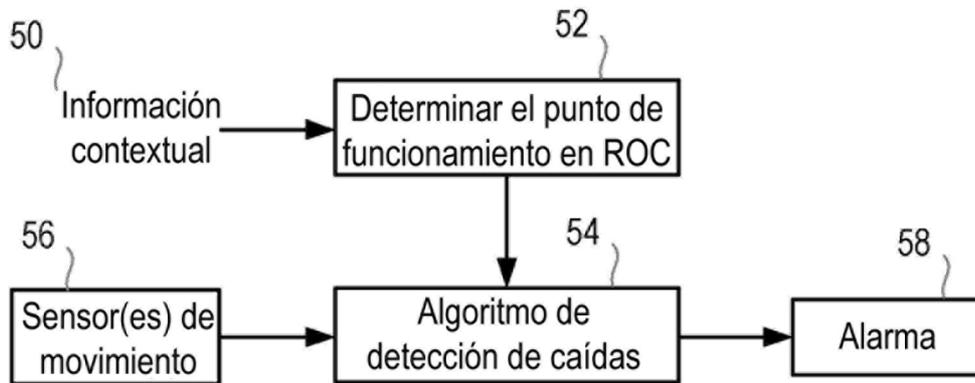


Figura 7

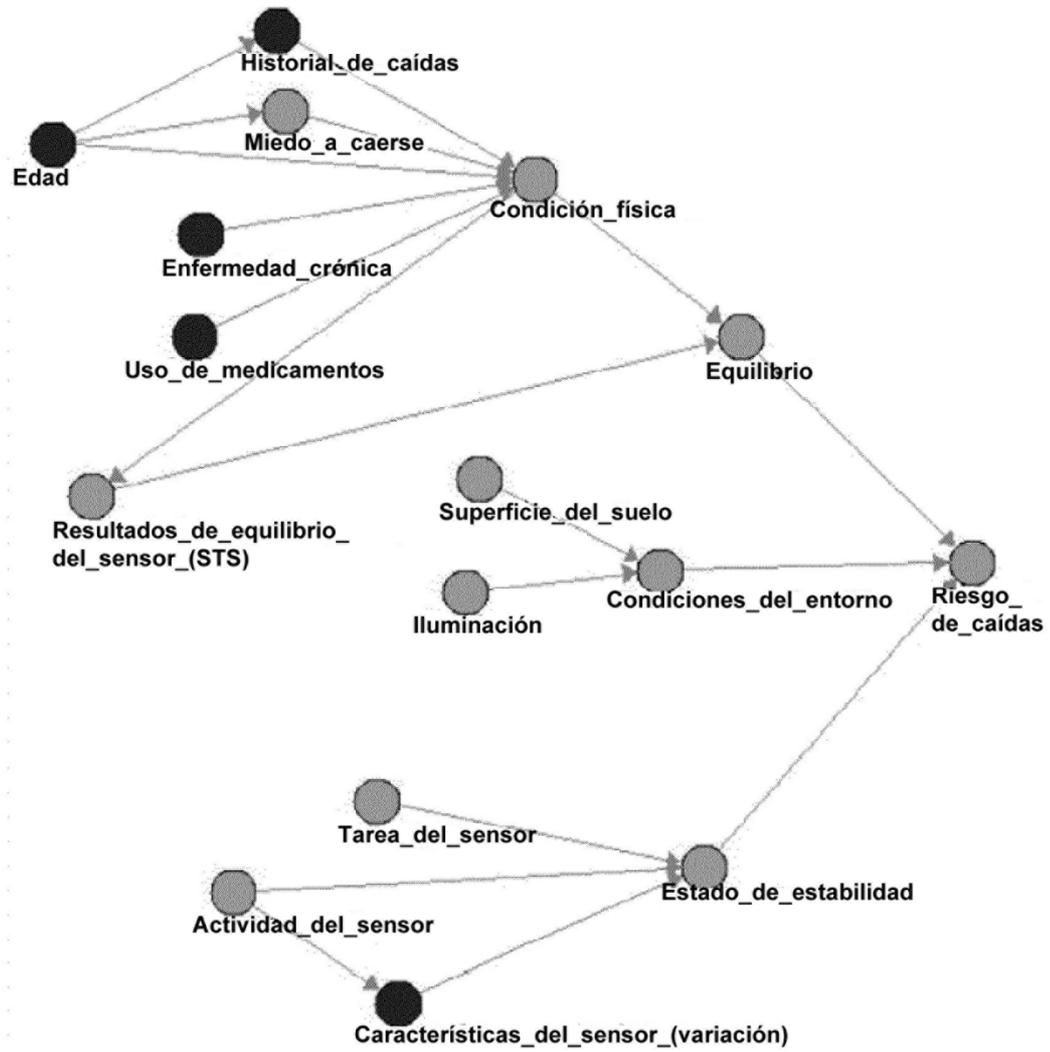


Figura 8

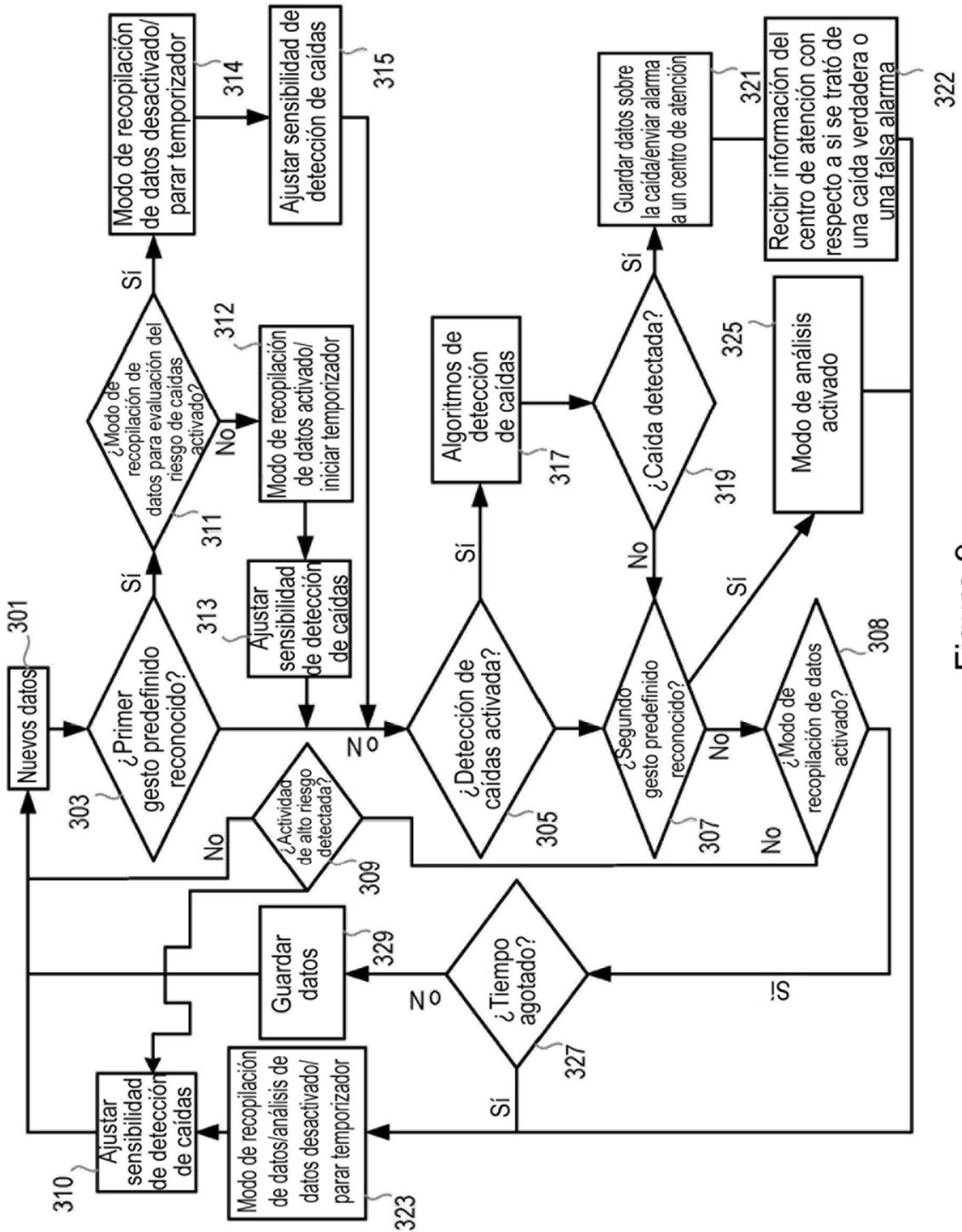


Figura 9