

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 508**

51 Int. Cl.:

**A42B 3/04** (2006.01)

**G01M 7/08** (2006.01)

**G01P 15/08** (2006.01)

**G01P 1/16** (2006.01)

**G01P 1/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2021 PCT/IT2021/050165**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.12.2021 WO21240567**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2021 E 21735424 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2024 EP 4157007**

54 Título: **Método para evaluar las aceleraciones y/o velocidades sufridas por la cabeza, y dispositivo de protección para la cabeza**

30 Prioridad:

**26.05.2020 IT 202000012298**

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

**06.11.2024**

73 Titular/es:

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE (100.0%)  
Piazza San Marco 4  
50121 Firenze, IT**

72 Inventor/es:

**BRACALI, ANDREA;  
BALDANZINI, NICCOLÒ;  
PIERINI, MARCO y  
BARBANI, DANIELE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 985 508 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 para evaluar las aceleraciones y/o velocidades sufridas por la cabeza, y dispositivo de protección para la cabeza

5

Campo de aplicación

La presente invención se refiere a un método para evaluar las aceleraciones y/o velocidades sufridas por la cabeza, así como a un dispositivo de protección que se puede llevar en la cabeza. En particular, la invención se refiere a un método para calcular las aceleraciones lineales y rotacionales que actúan sobre la cabeza en caso de un impacto. La invención también se refiere a un dispositivo de protección para la cabeza, configurado para realizar el método antes mencionado.

10

Antecedentes de la técnica

15

Las lesiones cerebrales traumáticas se encuentran entre las causas más frecuentes de muerte y discapacidad tras un impacto que involucra la cabeza. A modo de ilustración, se estima que entre 50.000 y 75.000 muertes se deben a lesiones cerebrales traumáticas en los Estados Unidos cada año. Entre estas muertes, alrededor del 32% son el resultado de un accidente de tráfico que involucra a un motociclista.

20

En un intento por disminuir el número de muertes debidas a lesiones en la cabeza, es importante detectar los datos cinemáticos de la cabeza en tiempo real durante el propio impacto.

25

Para este propósito, se conocen desde hace tiempo los cascos provistos de sensores diseñados para detectar las aceleraciones lineales y rotacionales de la cabeza. Hasta la fecha se conocen en particular tres tipos de cascos.

30

La primera tecnología se llama Sistema de Telemetría para Impactos en la Cabeza (HIT) y comprende seis acelerómetros monoaxiales orientados en una dirección normal con respecto a la cabeza, que no están montados en el casco, sino en un cuerpo diseñado para adaptarse a los cascos utilizados para el fútbol americano. Los datos se registran durante 40 ms cuando cualquiera de los acelerómetros detecta una aceleración que excede un umbral predefinido. Con esta tecnología es posible detectar aceleraciones lineales y reconstruir las aceleraciones rotacionales que sufre la cabeza.

35

La segunda es 6DOF (Seis grados de libertad) y utiliza un dispositivo provisto de doce acelerómetros monoaxiales dispuestos en pares colocados en seis ubicaciones diferentes en un acolchado de tela, para ser aplicado al casco. Todos los acelerómetros están en contacto con la cabeza y están orientados de manera que sus ejes sean tangenciales a la cabeza. El acolchado de tela actúa como un sistema de amortiguación elástico que regula la presión de contacto y mantiene sin cambios la orientación de los acelerómetros con respecto a la cabeza durante el impacto.

40

La tercera tecnología conocida es Rastreador de fuerza g (GFT), que comprende un acelerómetro triaxial y un giroscopio triaxial en una carcasa fijada a un casco. Esta tecnología permite detectar aceleraciones lineales mediante un método empírico, pero no aceleraciones rotacionales.

45

El documento WO2013/155524 divulga un sistema de detección de impacto que comprende una carcasa provista de acelerómetros para evaluar la aceleración de la carcasa, un sistema de absorción para atenuar la señal leída por los acelerómetros con respecto al valor de aceleración real, y un procesador para evaluar si el impacto excede o no un umbral predefinido. El sistema también comprende luces LED que se iluminan en diferentes colores dependiendo de la gravedad del impacto detectado.

50

El documento US10338091 divulga un sistema para detectar una posible conmoción cerebral en un jugador de fútbol americano. El sistema proporciona dos acelerómetros colocados en el casco a una distancia predeterminada, un procesador, una memoria intermedia, un receptor/transmisor y una batería. Los datos recolectados por los acelerómetros se transmiten a una unidad base que realiza los cálculos para evaluar la aceleración sufrida por la cabeza. En particular, la aceleración lineal se obtiene con la suma vectorial de las aceleraciones lineales detectadas por los dos acelerómetros, y la aceleración de rotacionales se estima geoméricamente a partir de las aceleraciones lineales.

55

El documento US2012191397 divulga un método y un sistema para monitorizar el movimiento de un cuerpo rígido, que consiste en la cabeza, que comprende un primer conjunto de sensores dispuestos en el casco y un segundo conjunto de sensores asociados directamente con la cabeza. El primer conjunto de sensores se utiliza para realizar una etapa de calibración inicial con bajas aceleraciones, mientras que en el funcionamiento normal, incluso en presencia de aceleraciones más altas, el movimiento de la cabeza se monitoriza directamente utilizando los sensores asociados con la propia cabeza.

60

65

El documento US2007061106 divulga un sistema para determinar el impacto de un casco en el contexto de la monitorización y cuantificación del movimiento de un atleta.

5 El sistema implementa una red neuronal para determinar la velocidad de un atleta, por ejemplo, un esquiador o un snowboarder, en forma de un valor escalar y no de vector.

10 Los documentos US2015040665 y US2002060633 describen sistemas que comprenden una pluralidad de sensores (acelerómetros, giroscopios) dispuestos en un casco para estimar las aceleraciones y - en el caso del documento US2015040665, que divulga el preámbulo de la reivindicación 1, también las velocidades angulares a las que está sometida la cabeza. En el documento US2002060633, el sistema proporciona como salida un perfil, elegido entre una pluralidad de curvas previamente almacenadas, que se corresponde mejor -en base a los datos detectados por los sensores- con la curva seleccionada.

15 El documento US2015226621 describe un sistema y un método para medir la aceleración de la cabeza, utilizando alternativamente datos detectados por sensores colocados directamente en la cabeza, o datos detectados por sensores dispuestos en un casco utilizado por el usuario, que sin embargo se corrigen en base a un sensor utilizado por el usuario conectado directamente a la cabeza, por ejemplo, configurado para ser insertado en su oído por medio de auriculares o dispositivos similares.

20 Otros sistemas similares se describen en los documentos US7386401, US7162392, US20140333446, US20120210498, WO2012009676, US9035776 y KR20040099591.

25 Las soluciones conocidas en la técnica se pueden agrupar sustancialmente en dos grandes grupos de tecnología, una que calcula las aceleraciones/velocidades basándose en sensores directamente asociados con el cuerpo rígido (es decir, la cabeza) de interés, y la otra estima las aceleraciones/velocidades de dicho un cuerpo rígido basado en sensores dispuestos en un dispositivo de protección portátil, tal como un casco.

30 Una desventaja de las soluciones del primer grupo es que son difíciles de aplicar a gran escala porque los sistemas relacionados comprenden sensores incómodos y complejos de utilizar, además de una etapa de procesamiento compleja y laboriosa, que no permite obtener resultados en tiempo real, o en cualquier caso en un tiempo útil para la gestión óptima de un evento accidental, tal como en el caso de un traumatismo craneoencefálico tras un accidente de tráfico.

35 Una desventaja de las soluciones del segundo grupo es que proporcionan estimaciones poco fiables ya que siempre hay un movimiento relativo entre el cuerpo rígido bajo análisis y el miembro de protección de dicho cuerpo en el que están ubicados los sensores. Para tener mejores resultados se requieren correcciones o procesamientos posteriores, lo que, también en este caso, dificulta tener los resultados en tiempo real o en cualquier caso en un tiempo útil para gestionar un evento accidental.

40 Una desventaja de las tecnologías conocidas es que éstas son incapaces de reproducir tanto las aceleraciones lineales como las rotacionales con un error de menos del 10%.

45 Por lo tanto, existe la necesidad de mejorar un método para evaluar las aceleraciones sufridas por la cabeza y un dispositivo para su implementación que pueda superar al menos uno de los inconvenientes de la técnica.

En particular, un objeto de la presente invención es evaluar toda la historia del tiempo de las aceleraciones lineales y rotacionales sufridas por la cabeza.

50 Dentro del alcance de esta tarea, otro objeto de la invención es evaluar ambas aceleraciones antes mencionadas de la manera más completa, rápida y fiable, en particular con un error de menos del 10%.

Otro objeto de la invención es evaluar la velocidad angular de la cabeza.

55 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método que requiera un dispositivo relacionado que sea simple y rápido de instalar.

Otro objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de protección que se puede llevar en la cabeza y que permita accionar el método anterior.

60 El Solicitante ha estudiado, probado y realizado la presente invención para superar los inconvenientes de la técnica anterior y para obtener estos y otros objetos y ventajas.

Resumen de la invención

La presente invención se expresa y caracteriza en las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes muestran otras características de la presente invención o variantes de la idea principal de solución.

5 De acuerdo con los objetivos mencionados anteriormente, a continuación, se describe un método para evaluar las aceleraciones o velocidades sufridas por la cabeza de un usuario que supera los límites de la técnica anterior y elimina los defectos de la misma.

10 La idea básica de la solución que se expone a continuación es realizar los cálculos de las aceleraciones y/o velocidades sufridas por la cabeza, modelada como un cuerpo rígido, mediante inteligencia artificial.

15 De acuerdo con las realizaciones, se proporciona un método para evaluar las aceleraciones sufridas por la cabeza que comprende una etapa de proporcionar un dispositivo de protección adecuado para ser utilizado en la cabeza del usuario y que comprende uno o más sensores instalados en el dispositivo de protección en una posición tal que no esté en contacto directo con la cabeza, una etapa de detección, por medio de los sensores antes mencionados, una pluralidad de señales que comprenden cada uno de los datos relativos a una aceleración y/o una velocidad; y una etapa de análisis y procesamiento de las señales antes mencionadas para determinar la historia del tiempo de la aceleración y/o la velocidad angular realmente sufrida por la cabeza. Dentro de la presente divulgación, "historia del tiempo de la aceleración y/o velocidad angular" significa registrar a lo largo del tiempo, respectivamente, las aceleraciones y velocidades angulares sufridas por el cabeza.

20 La etapa de análisis y procesamiento de datos se realiza mediante un dispositivo de análisis que comprende al menos un módulo de inteligencia artificial configurado para realizar una etapa de entrenamiento inicial en la que se proporcionan datos de entrada y datos de salida correspondientes en el módulo de inteligencia artificial antes mencionado, dichos datos son datos experimentales relacionados a la aceleración sufrida por el dispositivo de protección durante un impacto, una colisión o un evento accidental. El módulo de inteligencia artificial consta de al menos un módulo de aprendizaje automático.

25 Aún más preferiblemente, el módulo de inteligencia artificial consiste en un módulo de aprendizaje profundo.

30 De acuerdo con otras realizaciones, el módulo de inteligencia artificial comprende una red neuronal. Preferiblemente, el módulo de inteligencia artificial funciona en tiempo real. Más preferiblemente, la red neuronal es del tipo LSTM de memoria a largo y corto plazo.

35 El módulo de inteligencia artificial emite los datos procesados, es decir, los relativos a la aceleración experimentada por la cabeza, expresados en un sistema de referencia cartesiano centrado en el centro de masa de la cabeza. Más preferiblemente, los datos de salida son los componentes a lo largo de los tres ejes del sistema de referencia cartesiano de la aceleración sufrida por la cabeza. Los datos de salida comprenden los tres componentes de aceleración lineal y los tres componentes de aceleración rotacional.

40 Los datos de salida comprenden la historia del tiempo de los seis componentes de la aceleración sufrida por la cabeza y/o la velocidad angular de la cabeza. Los seis componentes de aceleración comprenden los tres componentes de aceleración lineal y los tres componentes de aceleración rotacional, tomados a lo largo de los tres ejes de un sistema de referencia cartesiano.

45 Ventajosamente, los datos se envían a un primer módulo de inteligencia artificial y a un segundo módulo de inteligencia artificial, separados del primero.

50 Más ventajosamente, cada uno de los dos módulos de inteligencia artificial emite los datos de aceleración lineal y aceleración rotacional, respectivamente, en un sistema de referencia cartesiano. De manera aún más ventajosa, los datos de salida de cada uno de los dos módulos de inteligencia artificial comprenden la historia del tiempo de los tres componentes de la aceleración relativa sufrida por la cabeza proyectada sobre los tres ejes del sistema de referencia cartesiano.

55 De acuerdo con las realizaciones, el método proporciona detectar las señales por medio de múltiples sensores configurados para detectar aceleraciones o velocidades o una combinación de las mismas.

60 De acuerdo con las realizaciones, los datos de aceleración detectados por los sensores se filtran antes de ser enviados al módulo de inteligencia artificial.

Preferiblemente, los datos de salida del módulo de inteligencia artificial se utilizan para predecir cualquier traumatismo craneal causado por el impacto sufrido.

65 Más precisamente, los datos procesados a la salida del módulo de inteligencia artificial se transmiten a un módulo de evaluación configurado para evaluar las consecuencias de la aceleración sobre la cabeza que ha sufrido la aceleración. Preferiblemente, el módulo de evaluación está adaptado para comparar los datos

procesados con los correspondientes datos de umbral predefinidos, y para emitir una señal de emergencia si los datos procesados exceden los datos de umbral.

5 Más preferiblemente, la señal de emergencia se transmite a un módulo de emergencia configurado para alertar automática y casi instantáneamente a un organismo competente.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de protección que se puede llevar en la cabeza, que comprende una superficie de protección externa capaz de proteger la cabeza y que comprende una pluralidad de sensores distribuidos sobre la superficie de protección. El dispositivo de protección también comprende un sistema de procesamiento de los datos adquiridos por los sensores, que a su vez comprende, además de los sensores anteriormente mencionados, al menos un dispositivo de análisis de datos que comprende al menos un módulo de inteligencia artificial, y capaz de realizar el método de evaluación anteriormente mencionado.

15 Preferiblemente, el dispositivo comprende una carcasa exterior. Más preferiblemente, los sensores están situados debajo de la carcasa exterior.

20 De acuerdo con otro aspecto, la presente invención también está relacionada con un programa informático que comprende instrucciones para implementar el método anteriormente mencionado para evaluar las aceleraciones o velocidades que actúan sobre un cuerpo rígido, que consiste en la cabeza de un usuario.

25 Un aspecto adicional de la presente invención se refiere al uso de un sistema de procesamiento que comprende uno o más sensores de aceleración y/o velocidad, un posible dispositivo de procesamiento de la señal detectada por los sensores, un dispositivo de análisis de señal y un módulo de comunicación para transmitir la señal desde los sensores hasta dichos dispositivos, en los que dicho programa informático se implementa para accionar el método anteriormente mencionado, en particular para evaluar el alcance del posible daño cerebral tras un evento accidental.

30 Ilustración de los dibujos

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la presente invención quedarán claros a partir de la siguiente descripción de la realización, dada como un ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 La fig. 1 es una vista en perspectiva de un casco para una primera etapa del método de acuerdo con la invención;

40 La fig. 2 es un diagrama de bloques que representa una primera parte del método de acuerdo con una realización;

La fig. 3 es un diagrama de bloques que representa una segunda parte del método de acuerdo con la misma realización.

45 Para facilitar la comprensión, se han utilizado números de referencia idénticos, siempre que sea posible, para identificar elementos comunes idénticos en las figuras. Debe entenderse que los elementos y características de una realización se pueden combinar o incorporar convenientemente en otras realizaciones sin más aclaración.

50 Descripción de algunas realizaciones de la presente invención

Ahora se hará referencia en detalle a las posibles realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de los cuales se muestran en las figuras adjuntas a modo de ejemplo no limitativo. La fraseología y terminología utilizadas en el presente documento también tienen fines de ejemplo no limitativos.

55 La fig. 1 muestra un dispositivo, indicado en su conjunto con el número de referencia 10, que se puede utilizar para implementar el método para evaluar la aceleración sufrida por la cabeza.

60 El dispositivo 10 es el tipo de protección que se debe llevar en la cabeza, en particular un casco. El ejemplo de la fig. 1 muestra un casco 10 para motociclistas, pero obviamente es posible proporcionar otros tipos de cascos tal como, por ejemplo, cascos para ciclistas, para fútbol americano, para boxeo o similares, cascos para uso militar, cascos de protección para el lugar de trabajo, o incluso cascos para niños.

65 En cualquier caso, el dispositivo 10 de protección comprende una carcasa exterior que define una superficie 10A de protección externa.

- 5 El casco 10 está provisto de una pluralidad de sensores 11 capaces de detectar aceleraciones lineales y de emitir señales 110 correspondientes. Dichas señales contienen los datos de aceleración detectados. Es posible proporcionar que los sensores 11 estén configurados para detectar, además de las aceleraciones lineales, también las aceleraciones rotacionales. Alternativa o adicionalmente, los sensores 11 también se pueden configurar para detectar velocidades.
- 10 El dispositivo 10 de protección comprende al menos un sensor 11. De acuerdo con las realizaciones, los sensores 11 están en un número entre tres y veinte, por ejemplo, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, diez, doce o catorce, pero también pueden ser más dependiendo de los requerimientos.
- 15 Dichos sensores 11 están dispuestos en diferentes ubicaciones dispersas en la superficie 10A de protección externa del casco 10 para detectar aceleraciones en correspondencia con diferentes áreas de la cabeza (fig. 1).
- 20 Preferiblemente, los sensores 11 están dispuestos en correspondencia con la superficie interior de la carcasa exterior del casco 10. De este modo, los sensores 11 están protegidos por la carcasa exterior del casco 10 y, además, las mediciones realizadas no se ven afectadas por la manera en que el casco 10 se lleva en la cabeza.
- 25 Ventajosamente, los sensores 11 son acelerómetros de tipo conocido y, por tanto, no se describirán más en aras de la simplicidad.
- 30 Alternativamente, o además de acelerómetros, también se pueden proporcionar giroscopios u otros sensores capaces de detectar la velocidad rotacional angular.
- 35 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de procesamiento que comprende, además de los sensores 11 anteriormente mencionados, también un dispositivo 12 de procesamiento de señal, un dispositivo 13 de análisis de señal y un módulo de comunicación para transmitir la señal desde los sensores 11 a dichos dispositivos 12, 13. El término señal significa la señal 110 emitida por los sensores 11.
- 40 De acuerdo con las realizaciones, el dispositivo 12 de procesamiento comprende un filtro, por ejemplo, un filtro de tipo CFC1000. El filtro 12 toma como entrada las señales 110 emitidas por los sensores 11 y emite las señales 120 procesadas, en este caso las señales filtradas.
- 45 El dispositivo 13 de análisis está adaptado para analizar y procesar los datos adquiridos por los acelerómetros 11 con el fin de evaluar las aceleraciones, lineales y rotacionales, sufridas por la cabeza, y eventualmente las velocidades angulares de este último. En particular, el dispositivo 13 de análisis toma como entrada la señal 110 emitida por los sensores 11, o la señal 120 procesada emitida por el dispositivo 12 de procesamiento, si está presente.
- 50 De acuerdo con una realización, además o alternativamente a los acelerómetros anteriormente mencionados, los sensores 11 pueden comprender giroscopios u otros sensores similares adecuados para detectar la velocidad angular de la cabeza. También en este caso, el dispositivo 13 de análisis es capaz de analizar y procesar los datos adquiridos por los sensores 11 en su conjunto (sólo giroscopios, o una combinación de giroscopios y acelerómetros) para evaluar las aceleraciones, lineales y rotacionales, sufridas por la cabeza y la velocidad angular de la cabeza.
- 55 Se puede proporcionar que el dispositivo 13 de análisis esté integrado con o esté fuera del dispositivo 10 de protección. En la última configuración, el módulo de comunicación (no mostrado en las figuras) está configurado para transmitir las señales 110 desde los sensores 11 al dispositivo 13 de análisis.
- 60 El dispositivo 13 de análisis comprende al menos un módulo 14, 15 de inteligencia artificial capaz de evaluar, a partir de las señales emitidas por los sensores 11, la aceleración lineal y la aceleración rotacional sufridas por la cabeza. Obviamente está previsto que dicho módulo 14, 15 de inteligencia artificial, preferiblemente del tipo de red neuronal, sea entrenado antes de que pueda realizar correctamente su función.
- 65 Preferiblemente, el dispositivo 13 de análisis comprende dos módulos de inteligencia artificial, un primer módulo 14 dedicado a la aceleración lineal y un segundo módulo 15 dedicado a la aceleración rotacional (fig. 2).
- De acuerdo con las realizaciones, el sistema de procesamiento también comprende uno o más elementos de monitorización y activación, que monitorean las aceleraciones detectadas por los sensores 11 y, cuando se excede un umbral de aceleración predefinido o un valor de velocidad angular, activan el sistema de procesamiento, que determina el envío de las señales 110 desde los sensores 11 al dispositivo 12 de procesamiento, si está presente, o directamente al dispositivo 13 de análisis.
- De acuerdo con las realizaciones, el sistema también comprende un módulo 16 de evaluación (fig. 3), preferiblemente comprendido en el dispositivo 13 de análisis. El módulo 16 de evaluación recibe los datos

140A-C, 150A-C emitidos por los módulos 14, 15 de inteligencia artificial y realiza la evaluación de la aceleración sufrida por la cabeza. Preferiblemente, el módulo 16 de evaluación está configurado para emitir una señal correspondiente a una situación de emergencia, basándose en la evaluación realizada.

5 Por ejemplo, se puede emitir una señal de emergencia si el módulo 16 de evaluación detecta una aceleración sufrida por la cabeza tal como para causar una lesión cerebral traumática.

10 También se puede proporcionar un módulo 17 de emergencia, conectado al módulo 16 de evaluación (fig. 3) y capaz de recibir una señal de emergencia y alertar automática e instantáneamente a un cuerpo de rescate para que la persona lesionada pueda ser atendida lo antes posible. Por ejemplo, el módulo 17 de emergencia comprende un módulo de tipo conocido, denominado "eCall".

15 La fig. 2 ilustra un método para evaluar las aceleraciones sufridas por la cabeza de acuerdo con una realización, a partir de la detección, por los sensores 11, de las aceleraciones sufridas por el casco 10. En otras palabras, en el caso donde el casco esté provisto de siete sensores 11, se emitirán siete señales 110.

20 Cabe señalar que, como ocurre con los cascos del estado de la técnica, el casco 10 tiene un movimiento relativo con respecto a la cabeza, lo que determina una aceleración sufrida por el casco 10 que no es igual a la aceleración sufrida por la cabeza, que es, por otro lado, la aceleración buscada para ser evaluada con la mayor precisión posible. En algunos casos, se ha observado que los valores de aceleración experimentados por el casco 10 pueden diferir también en cantidades muy elevadas con respecto a los valores de aceleración experimentados por la cabeza.

25 Cada uno de los sensores 11 adquiere su propia señal 110, que contiene datos sobre la aceleración percibida. En particular, cada señal 110 comprende datos lineales, relacionados con el componente lineal de la aceleración percibida. Como se mencionó anteriormente, es posible proporcionar para detectar, además de o como alternativa a las señales relacionadas con la aceleración lineal, señales relacionadas con la aceleración rotacional y/o señales relacionadas con la velocidad angular del movimiento del casco 10.

30 En el diagrama de la fig. 2, las señales 110 se envían al dispositivo 12 de procesamiento, en este caso un filtro, para ser filtradas, por ejemplo, para hacer la señal más precisa y libre de ruido electrónico. Cada una de las señales 110 da lugar a una respectiva señal 120 procesada, que posteriormente se envía al dispositivo 13 de análisis.

35 Se reitera que la etapa de procesamiento de señal es opcional, es decir, es posible prever que las señales 110 adquiridas por los sensores 11 se envíen directamente al dispositivo 13 de análisis.

40 El dispositivo 13 de análisis, en el ejemplo mostrado en la fig. 2, comprende dos módulos 14, 15 de inteligencia artificial, como se ha explicado anteriormente. El primer módulo 14 de inteligencia artificial está configurado para procesar los datos de aceleración lineal, mientras que el segundo módulo 15 de inteligencia artificial está configurado para procesar los datos de aceleración rotacional. En una realización alternativa, totalmente equivalente, el dispositivo 13 de análisis comprende un único módulo de inteligencia artificial adecuado para estimar tanto la aceleración lineal como la aceleración rotacional.

45 Todas las señales 120 se envían a ambos módulos 14, 15 de inteligencia artificial. Cada módulo 14, 15 de inteligencia artificial recibe entonces una pluralidad de datos, por ejemplo, siete, en el ejemplo anterior.

50 Se puede observar que el dispositivo 13 de análisis analiza y procesa los datos de aceleración percibidos no sólo en un punto del casco 10, sino en varios puntos del casco 10, donde están colocados los sensores 11.

55 Cada uno de los módulos 14, 15 de inteligencia artificial analiza los datos 120 procesados recibidos y procesa los datos 140A-C, 150A-C relacionados con la aceleración sufrida por la cabeza. En particular, el primer módulo 14 emite datos 140A-C relacionados con el componente lineal de la aceleración sufrida por la cabeza, y el segundo módulo 15 genera datos 150A-C relacionados con el componente rotacional de la aceleración sufrida por la cabeza.

60 En virtud de los módulos 14, 15 de inteligencia artificial, que comprenden preferiblemente redes neuronales, más preferiblemente del tipo de memoria a largo y corto plazo, los datos relativos a la aceleración realmente sufrida por la cabeza se procesan en tiempo real, durante o inmediatamente después del impacto sufrido.

65 De acuerdo con las realizaciones, los datos 140A-C, 150A-C se expresan en un sistema de referencia cartesiano, típicamente provisto de tres ejes x, y, z. De acuerdo con las realizaciones, el sistema de referencia cartesiano está centrado en el centro de masa de la cabeza. Sin embargo, es posible centrar el sistema de referencia cartesiano en otros puntos, si es necesario, ajustándose este aspecto durante la etapa inicial de entrenamiento.

## ES 2 985 508 T3

En particular, el primer módulo proporciona los datos 140A relacionados con el componente lineal de la aceleración a lo largo del eje x, los datos 140B relacionados con el componente lineal a lo largo del eje y y los datos 140C relacionados con el componente lineal a lo largo del eje z.

5 De manera similar, el segundo módulo proporciona los datos 150A relacionados con el componente rotacional de la aceleración a lo largo del eje x del sistema de referencia cartesiano, los datos 150B relacionados con el componente rotacional a lo largo del eje y, y los datos 150C relacionados con el componente rotacional a lo largo del eje z.

10 Ventajosamente, los datos 140A-C, 150A-C procesados por el dispositivo 13 de análisis se envían al módulo 16 de evaluación (fig. 3) que evalúa la aceleración realmente sufrida por la cabeza y eventualmente evalúa su gravedad. Por ejemplo, el módulo 16 de evaluación puede configurarse para comparar los componentes de la aceleración real con los umbrales correspondientes más allá de los cuales se produce una consecuencia negativa en la salud de la persona impactada, por ejemplo, una lesión cerebral traumática.

15 Si uno o más de los componentes procesados superan el umbral correspondiente, el módulo 16 de evaluación emite una señal de emergencia.

20 Preferiblemente, la señal de emergencia se reenvía al módulo de emergencia, que alerta a un organismo competente (por ejemplo, una centralita) de forma automática e instantánea.

Obviamente, los resultados obtenidos por el método descrito anteriormente son óptimos cuando los módulos de inteligencia artificial han sido entrenados.

25 La etapa de entrenamiento proporciona ingresar, en los módulos 14, 15 de inteligencia artificial, datos de entrada conocidos y también los datos de salida correspondientes conocidos.

30 En particular, los datos de entrada conocidos pueden ser datos de aceleración previamente registrados en un casco, durante un impacto simulado o durante un impacto en una situación real, tal como durante una sesión deportiva o un accidente de tráfico.

Los datos de salida pueden haber sido procesados por medio de simulación numérica, por ejemplo, por medio de análisis de elementos finitos, de los datos de entrada conocidos.

35 De este modo, los módulos 14, 15 de inteligencia artificial están configurados para asociar, con ciertos datos de entrada, ciertos datos de salida correspondientes.

40 Cabe señalar que se realizó una etapa de entrenamiento con un conjunto de alrededor de 400 datos de entrada y otros tantos datos de salida, correspondientes a impactos en diferentes puntos de un casco, dispersos en la superficie externa del mismo.

45 Posteriormente, se realizaron pruebas del sistema, con los módulos 14 y 15 de inteligencia artificial entrenados con aproximadamente 70 datos de entrada conocidos. Los módulos de inteligencia artificial analizaron los datos de entrada conocidos y procesaron los datos de salida correspondientes. Dichos datos de salida procesados se compararon con los datos de salida conocidos correspondientes a los datos de entrada conocidos.

50 La comparación mostró que los datos de salida procesados por los módulos de inteligencia artificial muestran una excelente correspondencia con los datos de salida conocidos. Por tanto, se ha comprobado que el método descrito anteriormente, basado en inteligencia artificial, consigue el objetivo de evaluar de forma fiable las aceleraciones lineales y rotacionales sufridas por una cabeza durante un impacto. De hecho, el método condujo a un error de menos del 10 % en la mayoría de las pruebas, tanto para aceleración lineal como rotacional.

55 De este modo, el método permite dar una evaluación inmediata y fiable del daño causado por el impacto y, por ejemplo, advertir a los organismos adecuados para tratar a la persona que ha sufrido el impacto, si fuera necesario.

60 Otra ventaja del método es la estabilidad del mismo desde un punto de vista matemático, lo que permite obtener resultados que presentan diferencias insignificantes incluso si los sensores están dispuestos en el casco en posiciones no exactamente idénticas a las previstas, en virtud de una evaluación realizada con inteligencia artificial.

65 Una ventaja adicional del método, derivada de su estabilidad matemática, es que se puede aplicar a cualquier tipo de casco, independientemente de su forma, su tamaño y la forma de su superficie protectora externa. A este respecto, cabe señalar que, aunque en la presente solicitud sólo se muestra un casco de motocicleta, el dispositivo 10 de protección puede ser un casco de cualquier tipo, por ejemplo, para ciclistas, para boxeo, para

cualquier deporte que implique una cierta velocidad o impacto en la cabeza, o cascos para aplicaciones militares, cascos de construcción o incluso cascos para niños.

5 Es claro que se pueden realizar modificaciones y/o adiciones de partes o etapas al método para evaluar la aceleración sufrida por una cabeza descrita hasta ahora, sin salirse del alcance de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

10 En las reivindicaciones siguientes, las referencias entre paréntesis tienen el propósito de facilitar la lectura y no deben considerarse factores limitantes en cuanto al alcance de la protección subyacente a las reivindicaciones específicas.

REIVINDICACIONES

1. Método para evaluar las aceleraciones o velocidades que actúan sobre la cabeza de un usuario, que comprende:
- 5
- una etapa de proporcionar un dispositivo (10) de protección adecuado para ser llevado en la cabeza del usuario y que comprende una pluralidad de sensores (11) instalados en el dispositivo (10) de protección en una posición tal que no estén en contacto directo con la cabeza,
  - 10 - una etapa de detección, por medio de dicha pluralidad de sensores (11), una pluralidad de señales (110), cada una de las cuales comprende datos relativos a una aceleración y/o velocidades,
  - una etapa de análisis y procesamiento de dichas señales (110), para determinar la historia de tiempo de la aceleración y/o velocidad que ha sufrido la cabeza,
  - 15 dicho método se caracteriza porque dicha etapa de análisis y procesamiento de datos es realizada mediante un dispositivo (13) de análisis que comprende al menos un módulo (14, 15) de inteligencia artificial, consistente de al menos un módulo de aprendizaje automático, y configurado para realizar una etapa entrenamiento inicial en la que se proporciona para ingresar en dicho al menos un módulo (14, 15) de inteligencia artificial datos de entrada y datos de salida correspondientes, dichos datos son datos relativos a la aceleración sufrida por dicho dispositivo (10) de protección durante un impacto, una colisión o un evento accidental, en donde dicho al menos un módulo (14, 15) de inteligencia artificial suministra los datos (140A-C, 150A-C) procesados expresados en un sistema de referencia cartesiano centrado en el centro de masa de la cabeza y en donde los datos (140A-C, 150A-C) procesados comprenden la historia de tiempo de los seis componentes de la aceleración sufrida por la cabeza, proyectada sobre los tres ejes del sistema de referencia cartesiano.
  - 20
  - 25
2. Método como en la reivindicación 1, caracterizado porque dicho al menos un módulo (14, 15) de inteligencia artificial consiste en un módulo de aprendizaje profundo.
- 30
3. Método como en la reivindicación 2, caracterizado porque dicho al menos un módulo (14, 15) de inteligencia artificial comprende una red neuronal.
4. Método como en la reivindicación 3, caracterizado porque la red neuronal es del tipo LSTM de memoria a largo y corto plazo.
- 35
5. Método como en cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque dicho dispositivo (13) de análisis comprende dos módulos (14, 15) de inteligencia artificial, en donde un primer módulo (14) de inteligencia artificial está configurado para emitir datos (140A-C) relacionados a la aceleración lineal, y un segundo módulo (15) de inteligencia artificial está configurado para emitir datos (150A-C) relacionados a la aceleración rotacional.
- 40
6. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los datos procesados a la salida del módulo (14, 15) de inteligencia artificial se transmiten a un módulo (16) de evaluación configurado para evaluar las consecuencias sobre la cabeza que ha sufrido aceleración.
- 45
7. Método como en la reivindicación 6, caracterizado porque el módulo de evaluación es capaz de comparar los datos (140A-C, 150A-C) procesados con los datos de umbral correspondientes y de emitir una señal de emergencia si se exceden dichos datos de umbral.
- 50
8. Método como en cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque se proporciona para monitorizar las señales (110) detectadas por dichos sensores (11) mediante uno o más elementos de monitorización y activación, configurados para activar una etapa de transmisión de las señales (110) de dichos sensores (11) a dicho dispositivo (13) de análisis cuando dichas señales (110) exceden un valor umbral predeterminado.
- 55
9. Método como en cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque los datos detectados por dichos sensores (11) son transmitidos a un dispositivo (12) de procesamiento antes de ser transmitidos a dicho dispositivo (13) de análisis, para ser filtrados.
- 60
10. Dispositivo de protección que se puede llevar en una cabeza, que comprende una superficie de protección externa (10A), y una pluralidad de sensores (11) distribuidos en dicha superficie de protección externa, en una posición tal que no están en contacto directo con la cabeza,
- caracterizado porque también comprende un sistema para procesar los datos adquiridos por dichos sensores (11) que comprende, además de dichos sensores (11), al menos un dispositivo (13) de análisis de datos que comprende al menos un módulo (14, 15) de inteligencia artificial, y capaz de realizar el método como en cualquier reivindicación anterior.
- 65

- 5 11. Programa informático que comprende instrucciones para implementar un método para evaluar las aceleraciones o velocidades que actúan sobre un cuerpo rígido, que consiste en la cabeza de un usuario, dichas instrucciones de programa que comprenden las etapas del método como en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
12. Uso de un sistema de procesamiento que comprende uno o más sensores (11) de aceleración y/o velocidad, en un dispositivo de protección de acuerdo con la reivindicación 10,
- 10 un dispositivo (12) de procesamiento de la señal detectada por dichos sensores (11), un dispositivo (13) para analizar dicha señal y un módulo de comunicación para transmitir la señal de dichos sensores (11) a dichos dispositivos (12, 13), en donde un programa informático como en la reivindicación 11 se implementa para activar un método como en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizándose porque se proporciona el uso de dicho método para evaluar las aceleraciones y/o velocidades que actúan sobre la cabeza de un usuario, en
- 15 particular para evaluar el alcance del posible daño cerebral después de un evento accidental.

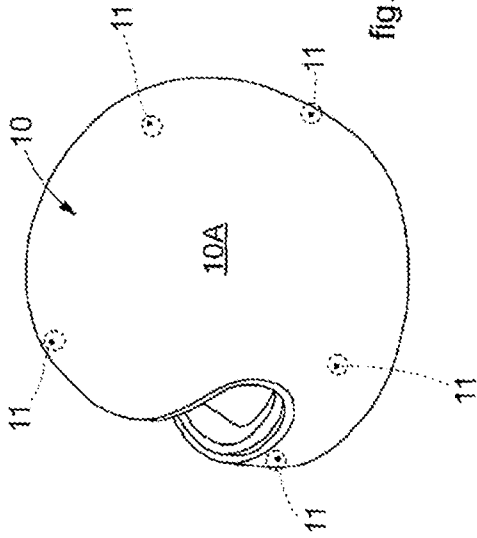


fig. 1

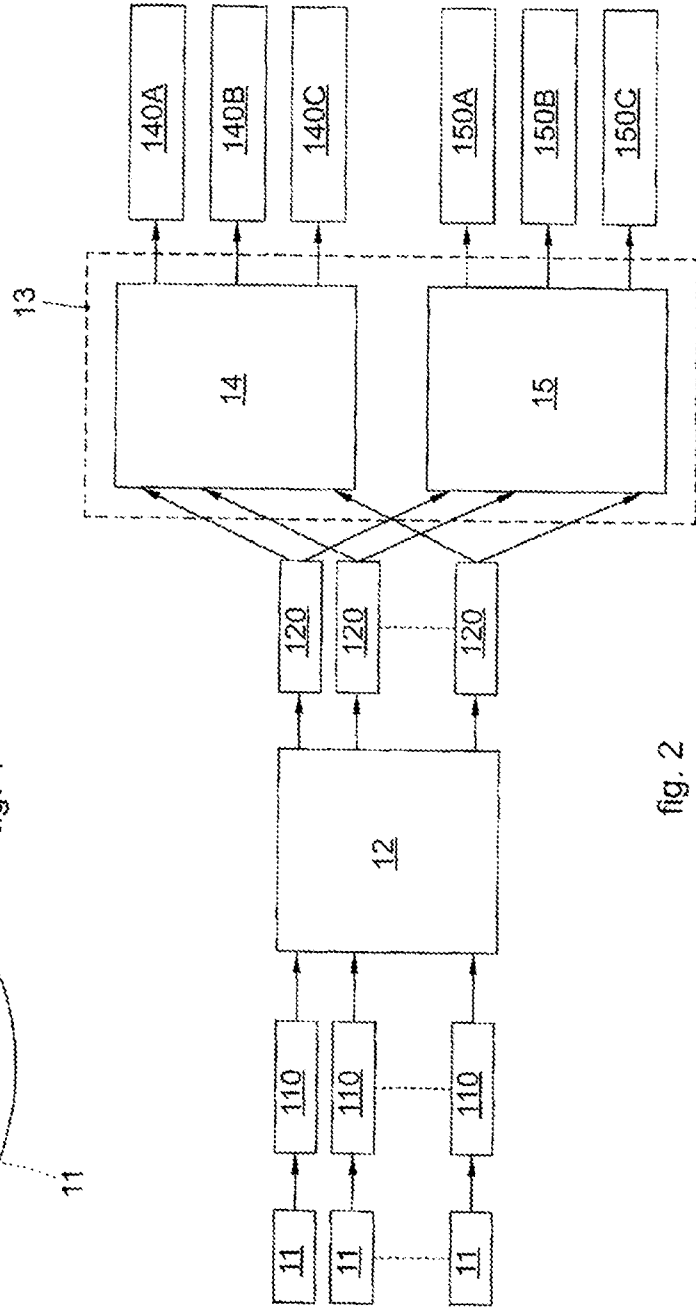


fig. 2

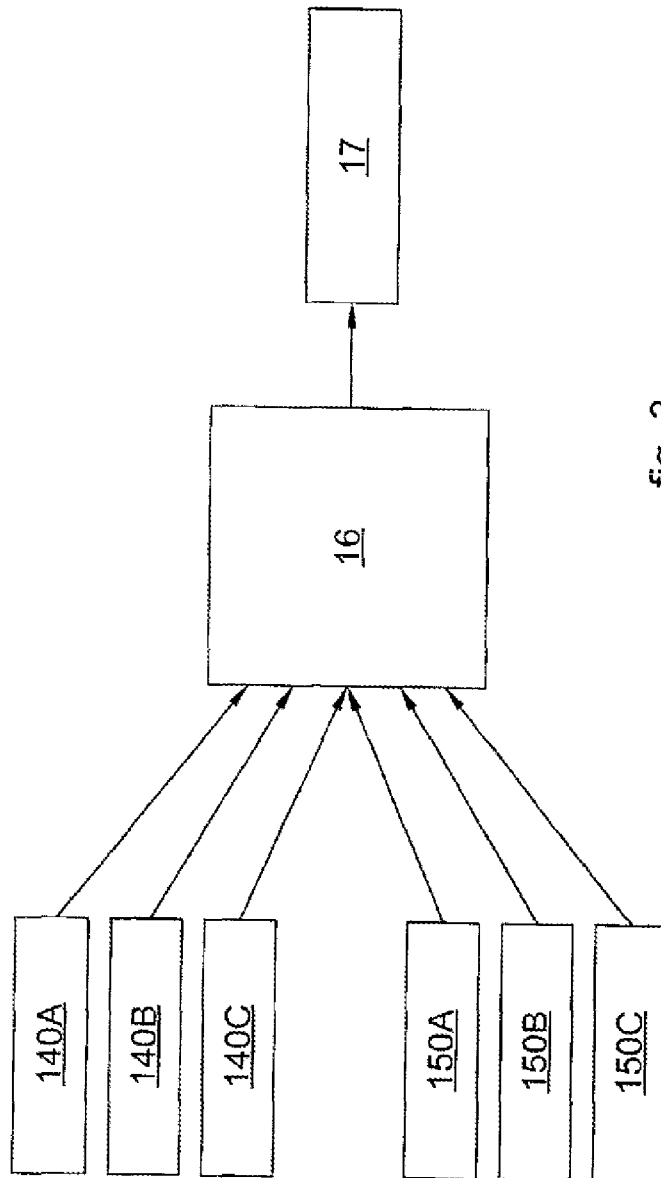


fig. 3