

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 417 323**

51 Int. Cl.:

**G01C 22/00** (2006.01)

**G01P 3/50** (2006.01)

**G01P 1/02** (2006.01)

**B62J 99/00** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2010 E 10776090 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2433097**

54 Título: **Aparato sensor y método para determinar la cadencia de pedaleo y la velocidad de marcha de una bicicleta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.08.2013**

73 Titular/es:

**AR INNOVATION AG (100.0%)  
Hädelistrasse 19  
8712 Stäfa, CH**

72 Inventor/es:

**BAECHLER, HERBERT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 417 323 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**

Aparato sensor y método para determinar la cadencia de pedaleo y la velocidad de marcha de una bicicleta

Campo técnico.

5 La presente invención se refiere a un aparato sensor para una bicicleta para determinar tanto la cadencia con que pedalea un ciclista como la velocidad de marcha de la bicicleta. Además, la presente invención pertenece a un método correspondiente para determinar tanto una cadencia de pedaleo de un ciclista como una velocidad de marcha de una bicicleta.

Antecedentes de la invención.

10 Los aparatos utilizados comúnmente para medir la velocidad de marcha de una bicicleta consisten en un imán fijado a un radio de la rueda delantera o trasera y un sensor tal como un interruptor magnético de lámina o un sensor de efecto Hall fijado a la horquilla o parte trasera del chasis, por ejemplo a los tirantes de la cadena o a los tirantes del asiento. El sensor detecta cuándo pasa el imán por la rueda a medida que ésta rota. Luego se determina la velocidad de marcha a partir de la distancia recorrida durante una revolución de la rueda, que es igual al perímetro de la rueda, y del tiempo que tarda en producirse una revolución completa de la rueda, por ejemplo el tiempo entre 15 pasos consecutivos del imán por el sensor. Similarmente, el ritmo al que está pedaleando el ciclista, es decir, la cadencia, se mide típicamente usando un imán montado en una biela o en una rueda de cadena ( también denominada rueda catalina delantera o de accionamiento) y un sensor montado en el chasis, de nuevo mediante la detección de los pasos del imán por el sensor, y luego determinando el número de revoluciones del conjunto de biela por unidad de tiempo a partir del tiempo transcurrido entre pasos consecutivos del imán por el sensor.

20 Dicha solución de la técnica anterior se describe en el documento US 3.898.563 donde se propone el uso de dos dispositivos de sensor/ imán, uno montado en la rueda delantera para medir la velocidad de marcha y el otro montado en la rueda catalina de accionamiento para medir la cadencia

25 Para que dicho dispositivo de medida funcione adecuadamente, es importante que el imán esté exactamente alineado con el sensor. Además, el funcionamiento correcto de este tipo de dispositivo de medida depende críticamente de un ajuste minucioso de la distancia entre el imán y el sensor, dado que el sensor solamente detectará la presencia de un imán de un modo fiable si se encuentra muy cerca del sensor. Desafortunadamente, incluso cuando el sensor y el imán estén posicionados con precisión uno con respecto a otro, durante la instalación del dispositivo en la bicicleta, su alineación y la distancia entre ellos con mucha frecuencia varían en el transcurso del tiempo. Esto puede deberse, por ejemplo, a manipulaciones de la bicicleta, por ejemplo cuando se cargue y 30 descargue ésta de un coche, lo cual frecuentemente requiere retirar y volver a fijar subsiguientemente una de las ruedas de la bicicleta, o debido a vibraciones e impactos que actúen sobre la bicicleta durante su funcionamiento. Tales desplazamientos entre el sensor y el imán eventualmente inhibirán al dispositivo a funcionar correctamente, lo cual es especialmente enojoso durante un viaje en bicicleta y en particular durante una carrera. Con mucha frecuencia, el reajuste del dispositivo requiere el uso de una herramienta, que podría no estar a mano cuando se 35 esté montando en la bicicleta.

Se han sugerido una serie de soluciones para aliviar estos problemas. En los documentos US 5.089.775, US 6.188.215 B1 y US 6.331.771 B1 se proponen unos conjuntos de montaje de imán que buscan aumentar la estabilidad de montaje de un imán en un radio de una rueda de bicicleta. El documento US 6.957.926 B2 provee una estructura de montaje de imán que no requiere el uso de una herramienta para montar o ajustar el montaje de un imán en un radio de una rueda de bicicleta. Por otra parte, los documentos EP 1 508 514 A1 y EP 1 923 302 A 1 divulgan unos aparatos que incluyen tanto un sensor de velocidad como un sensor de cadencia para instalarse en un tirante de cadena, evitando así el tener que disponer dos sensores separados individualmente y también buscando asegurar un montaje estable y preciso de ambos sensores. Además, el documento US 2008/0252038 A1 describe un chasis de bicicleta que tiene una cavidad construida para alojar a un dispositivo sensor, permitiendo de ese modo mantener el contorno aerodinámico del chasis al mismo tiempo que el dispositivo sensor se sujeta con seguridad y se posiciona con precisión en la cavidad. Esta solución tiene el inconveniente de que al formar una cavidad en un chasis la estabilidad de la estructura del chasis potencialmente se puede perjudicar. Además, el documento WO 2004/057274 A1 divulga una solución en la que un imán y un sensor están integrados en partes de una bicicleta. En el documento WO 2004/057274 A 1 se propone instalar el imán de un velocímetro internamente de un neumático de rueda de bicicleta y conectar fijamente un sensor al extremo inferior de la columna de dirección, es decir entre los extremos más altos de las dos horquillas delanteras. Además se propone también instalar un imán de un cuentarrevoluciones de pedal (para medir la cadencia) en la superficie lateral del eje dentro del soporte inferior y conectar el sensor al chasis de la bicicleta, por ejemplo en el extremo inferior del tubo del asiento o tubo descendente. Con dicha disposición tanto el imán como el sensor están bien protegidos, pero con la desventaja de que ambos componentes son muy poco accesibles o no son accesibles en absoluto en el caso de que sea necesaria una reparación o una sustitución.

Son conocidos también medios alternativos para medir o bien la velocidad de marcha o bien la cadencia de pedaleo de una bicicleta. El documento US 4.526.036 divulga un medidor de cadencia que comprende unos medios para

medir la aceleración destinados a montarse en una parte no rotatoria de una bicicleta. La cadencia se determina basándose en medir las fases alternativas de aceleración y desaceleración de la bicicleta en su dirección de marcha causada por la fuerza variable aplicada a los pedales por el ciclista durante cada ciclo de pedaleo. Una técnica similar se emplea en el dispositivo de medida descrito en el documento EP1 213561 b1. Este dispositivo de medida incluye un acelerómetro, que está montado en una bicicleta de tal manera que su eje geométrico de medida coincida con la dirección de la marcha, cuyas señal de salida se procesa con el fin de extraer la frecuencia de pedaleo ( es decir, la cadencia).

Además, el documento WO 2008/058164 A2 presenta un dispositivo de medida de potencia de bicicleta basado en un conjunto de biela en donde se requiere la cadencia de pedaleo como parte del cálculo de la potencia. Conjuntamente con la determinación de la cadencia de pedaleo, se menciona que se puede usar un acelerómetro montado en un conjunto de biela para medir la dirección de la gravedad con respecto a la orientación de la biela. En el documento WO 2010/000369 A1 se describe el uso de un acelerómetro en un dispositivo para medir la salida de potencia de una bicicleta, en donde el acelerómetro está embutido en una abrazadera de bicicleta emperrada a la zapatilla del ciclista o montada alternativamente en un pedal de una bicicleta o en una pierna o en un pie de un ciclista. De ese modo, el acelerómetro está montado de tal manera que sus dos ejes geométricos de medida abarcan un plano que es paralelo a los dos planos paralelos de rotación de las bielas. En el documento WO 2010/000369 A1 se sugiere determinar la cadencia basándose en el tiempo transcurrido entre las medidas de los valores consecutivos mínimo y máximo, respectivamente de las señales de salida del acelerómetro, que se producen en el punto muerto superior y en el punto muerto inferior, respectivamente, de cada revolución de las bielas.

El documento WO 2009/007498A1 provee un método y un dispositivo para medir el progreso de una persona que se mueve aplicable a diversos tipos de locomoción en lo que esté presente un movimiento cíclico, por ejemplo, correr, andar, esquiar a campo través, patinar o un movimiento similar, en donde las magnitudes que describen el progreso de la persona que se mueve se pueden calcular basándose en los valores de aceleración vertical del cuerpo medidos por medio de un sensor de aceleración.

El documento DE 20 2006 017 968 U1 divulga un dispositivo inteligente de medida que comprende un módulo de medida de aceleración, por ejemplo con un sensor de aceleración de tres ejes de coordenadas, para determinar la variación en energía mecánica de un atleta con el fin de calcular la intensidad de entrenamiento del atleta

Compendio de la invención.

Un objeto de la presente invención es proveer un aparato sensor para medir tanto la cadencia de pedaleo de un ciclista como la velocidad de marcha de la bicicleta y que tiene un número reducido de piezas. Además es una intención de la presente invención proveer un aparato sensor que funcione de un modo fiable incluso cuando se varía su posición. Otro objeto de la presente invención es proveer un método alternativo para determinar tanto la cadencia de pedaleo como la velocidad de marcha de la bicicleta.

Como mínimo estos objetos se consiguen mediante un aparato sensor que comprende las características especificadas en la reivindicación 1 y un método que incluye las etapas de la reivindicación 9. En las reivindicaciones se dan las realizaciones preferidas así como un uso del mismo.

La presente invención provee un aparato sensor para determinar tanto una cadencia de una biela como una velocidad de marcha de una bicicleta, que comprende:

-un alojamiento;

- un acelerómetro con un primero y un segundo ejes geométricos de medida dispuestos sustancialmente perpendiculares entre sí, capaces de suministrar una primera señal dependiente de una primera aceleración a lo largo del primer eje geométrico de medida y una segunda señal dependiente de una segunda aceleración a lo largo del segundo eje geométrico de medida;

- un transmisor inalámbrico;

- una fuente de alimentación de energía;

en donde el acelerómetro, el transmisor inalámbrico y la fuente de alimentación de energía están contenidos en el alojamiento, y en donde el alojamiento comprende unos medios de fijación para fijar el alojamiento a una rueda de la bicicleta, , y en donde el aparato sensor comprende además unos primeros medios para determinar la cadencia a partir del ritmo en que ocurren cambios consecutivos de polaridad en la primera señal, o a partir del ritmo en que ocurren valores consecutivos extremos positivo y negativo en la primera señal, y unos segundos medios para determinar la velocidad de marcha a partir del ritmo en que ocurren los valores de pico máximos y mínimos consecutivos en la segunda señal.

Dicho aparato sensor según la presente invención es capaz de medir tanto la cadencia de pedaleo de un ciclista como la velocidad de la marcha de la bicicleta usando un único acelerómetro de dos o tres ejes de coordenadas

fijado a una rueda de una bicicleta, requiriendo de ese modo menos piezas que soluciones conocidas y haciendo que la instalación de dicho aparato sensor sea más sencilla, más rápida y más cómoda. La facilidad de instalación se apoya también en el hecho de que un funcionamiento correcto y fiable de un aparato sensor según la presente invención no depende críticamente de donde esté montado exactamente sobre una rueda y es insensible con respecto a los cambios de su posición. Los primeros medios determinan la cadencia con que está pedaleando un ciclista basándose en el tiempo transcurrido entre las ocurrencias de alternancias del signo en la primera señal de aceleración o basándose en el tiempo transcurrido entre ocurrencias de valores extremos consecutivos positivo y negativo en la primera señal. Esta característica hace que la implementación de la presente invención sea especialmente sencilla y por tanto económica. Además, los segundos medios determinan la velocidad de la marcha de la bicicleta basándose en el tiempo transcurrido entre las ocurrencias o los valores consecutivos de pico máximo y mínimo en la segunda señal de aceleración. Esta característica también permite una implementación sencilla, haciendo posible de ese modo llevar a la práctica soluciones de sensor rentables para bicicleta capaces de determinar tanto la cadencia de biela como la velocidad de la marcha.

En una realización de la presente invención, el aparato sensor comprende además unos terceros medios para determinar la cadencia a partir del ritmo en que ocurren los valores de pico consecutivos máximo y mínimo en la envolvente de la segunda señal de aceleración. De este modo se determina un segundo valor para la cadencia a partir de la segunda señal de aceleración con independencia del primer valor de cadencia determinado a partir de la primera señal.

En realizaciones adicionales de la presente invención, el aparato sensor comprende además unos cuartos medios para determinar un valor de cadencia más preciso y/o más fiable usando el valor de cadencia determinado por los primeros medios y el valor de cadencia determinado por los terceros medios. Esta realización es tolerante al error, puesto que en los casos en que la medida de la aceleración del acelerómetro falle temporalmente o se interrumpa permanentemente a lo largo de uno de sus ejes de medida, se puede emplear la medida redundante para proveer el valor de cadencia. Alternativamente, mediante la combinación apropiada de dos valores de cadencia determinados independientemente, se puede obtener un resultado más preciso.

En un aspecto de la presente invención, se provee una rueda de bicicleta con un aparato sensor según la presente invención, en donde el primer eje geométrico de medida está orientado sustancialmente paralelo al eje de la rueda y el segundo eje geométrico de medida está orientado sustancialmente perpendicular a dicho eje. De este modo, las aceleraciones laterales a partir de las cuales se determina la cadencia de pedaleo por los primeros medios se pueden medir independientemente de cualesquiera aceleraciones que actúen en el plano longitudinal de la bicicleta donde se miden estas últimas aceleraciones con el fin de determinar la velocidad de la marcha con los segundos medios.

En un aspecto adicional de la presente invención, el aparato sensor está dispuesto de tal manera en la rueda de la bicicleta que el segundo eje geométrico de medida interseca al eje geométrico del eje.

De este modo, las fuerzas radiales que actúan sobre el acelerómetro se pueden medir independientemente de las tangenciales, haciendo así que el resultado de la determinación del ritmo a que rota la rueda sea más fiable o más fácilmente determinable en el primer lugar.

En realizaciones adicionales del aparato sensor según la presente invención, los medios primero y segundo son parte de un ordenador de bicicleta o de un tipo de dispositivo portátil tal como por ejemplo un teléfono móvil o un asistente digital personal (en adelante PDA). En lugar de proveer los medios primero y segundo dentro del alojamiento, puede ser más rentable incluir las funciones realizadas por estos dos medios en un ordenador de bicicleta, por ejemplo mediante la incorporación de módulos de software correspondientes al programa que se esté ejecutando en un microprocesador de un ordenador de bicicleta. Del mismo modo, los medios tercero y cuarto se pueden incluir también como parte de un ordenador de bicicleta o de un dispositivo portátil tal como por ejemplo un teléfono móvil o un PDA.

En otro aspecto de la presente invención, se provee una bicicleta con un aparato sensor según la presente invención, en donde el alojamiento está fijado a una rueda de la bicicleta, por ejemplo una rueda trasera, y en donde el primer eje geométrico de medida del acelerómetro está orientado en una dirección sustancialmente paralela al eje de la rueda para que el aparato sensor está fijado y el segundo eje geométrico de medida del acelerómetro está orientado en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de la rueda a la que está fijado el aparato sensor. Mediante la fijación del alojamiento a la rueda trasera de una bicicleta, las aceleraciones laterales, es decir las que actúan formando un ángulo recto con respecto a la dirección de la marcha de la bicicleta, se pueden detectar de un modo más fiable que en la rueda delantera sobre la cual podrían estar actuando fuerzas de dirección laterales dominantes. La cadencia se puede determinar a partir del movimiento lateral periódico de "balanceo" de la bicicleta causado por las fuerzas alternativas aplicadas al pedal izquierdo y derecho por el ciclista durante cada ciclo de pedaleo y debido a la transferencia periódica de peso del ciclista resultante de las mismas. Además, el alojamiento se dispone, por ejemplo, de tal manera en la rueda de la bicicleta que el segundo eje geométrico de medida interseca al eje de simetría del eje. De este modo, las fuerzas radiales que actúan sobre el acelerómetro se pueden medir independientemente de las fuerzas tangenciales, haciendo de ese modo que el resultado de la determinación del ritmo al que rota la rueda sea más fiable o más fácilmente determinable en el primer lugar.

En un aspecto adicional de la presente invención, se provee un método correspondiente para determinar tanto una cadencia de una biela como una velocidad de marcha de una bicicleta usando un acelerómetro fijado a una rueda de la bicicleta de tal manera que un primer eje geométrico de medida del acelerómetro esté orientado en una dirección sustancialmente paralela a un eje la rueda y un segundo eje geométrico de medida del acelerómetro esté orientado sustancialmente perpendicular al eje de la rueda, que comprende las etapas de:

- a) medir una primera señal dependiente de una primera aceleración a lo largo del primer eje geométrico de medida;
- b) medir una segunda señal dependiente de una segunda aceleración generación a lo largo del segundo eje geométrico de medida;
- c ) determinar el valor de la cadencia a partir del ritmo en que ocurren los cambios consecutivos de polaridad en la primera señal, o a partir del ritmo en que ocurren los valores extremos consecutivos positivo y negativo en la primera señal;
- d) determinar el valor de la velocidad de la marcha a partir del ritmo en que ocurren los valores extremos consecutivo positivo y negativo en la segunda señal.

En una realización de la presente invención, el método comprende además la etapa de:

- e) determinar el valor de la cadencia y el ritmo en que ocurren los valores extremos consecutivos en la envolvente de la segunda señal de aceleración

Esto permite determinar la cadencia de una manera alternativa, especialmente en situaciones en las que la relación de transmisión entre la rueda de la cadena y la rueda a la que se ha fijado el aparato sensor es grande, por ejemplo del orden de tres o más, lo cual es típicamente el caso en velocidades elevadas.

En realizaciones adicionales de la presente invención, el método comprende además la etapa de:

- f) determinar un valor de cadencia más preciso y/o más fiable usando el valor de cadencia determinado en la etapa c ) y el valor de cadencia determinado en la etapa e).

Por tanto, según la presente invención se sugiere combinar apropiadamente los dos valores de cadencia determinados con el fin de dar lugar a un resultado más preciso, o bien alternativamente usar uno cualquiera de entre uno de los valores de cadencia determinados aprovechando la redundancia con el fin de mejorar la fiabilidad del método y del aparato sensor en relación de asociación con el mismo en el caso de que falle una medida de aceleración en uno de los dos ejes geométricos de medida.

Más aún, se propone un acelerómetro de dos o tres ejes de coordenadas fijado a una rueda de una bicicleta para proveer una primera señal indicativa de una cadencia de biela, en donde la primera señal depende de una primera aceleración a lo largo de un primer eje geométrico de medida del acelerómetro orientado en una dirección sustancialmente paralela a un eje de la rueda, y para proveer además una segunda señal indicativa de una velocidad de marcha de la bicicleta, en donde la segunda señal depende de una segunda aceleración a lo largo de un segundo eje geométrico de medida del acelerómetro orientada en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de la rueda,. La presente invención hace uso del efecto sorprendente de que las aceleraciones resultantes de transferencias periódicas de peso del ciclista ocurren durante el ciclo de pedaleo al ritmo de la cadencia, y las aceleraciones experimentadas por los objetos fijados a la rueda causadas por rotación, cuyo ritmo está directamente relacionado con la velocidad de marcha de la bicicleta, se presentan en direcciones ortogonales y de ese modo se pueden medir independientemente con la ayuda de un solo acelerómetro de 2-3 ejes de coordenadas fijado a la rueda de una bicicleta.

Hay que señalar expresamente que cualquier combinación de las realizaciones anteriormente mencionadas o de las realizaciones descritas de ahora en adelante en la presente memoria, o a combinaciones de combinaciones, constituyen el "asunto" de una combinación adicional. Solamente se excluyen las combinaciones que resultarían en una contradicción.

Breve descripción de los dibujos.

Con el fin de facilitar la comprensión de la presente invención, se ilustran ejemplos de realizaciones de la misma en los dibujos adjuntos, que tienen que considerarse en relación con la descripción siguiente. De ese modo, la presente invención se podrá apreciar con mayor facilidad. En los dibujos se muestra lo siguiente:

La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un aparato sensor según la presente invención;

La figura 2 muestra la disposición de un aparato sensor según la presente invención en una rueda de una bicicleta;

La figura 3 a) muestra una vista lateral de una rueda con un aparato sensor según la presente invención;

La figura 3 b) muestra un corte transversal en la dirección longitudinal de una rueda con un aparato sensor según la presente invención;

La figura 3 c) muestra una vista longitudinal de una rueda con un aparato sensor según la presente invención con los pedales, las bielas y el eje;

- 5 La figura 4 muestra un ejemplo de gráfico de la aceleración que actúa en la dirección del eje geométrico z de medida del acelerómetro, es decir en direcciones laterales con respecto al plano de la rueda de bicicleta; y

La figura 5 muestra un ejemplo de gráfico de la aceleración que actúa en la dirección del eje geométrico y de medida del acelerómetro, es decir, en dirección radial al eje de la rueda.

Descripción detallada de la invención.

- 10 La figura 1 representa un diagrama de bloques de un aparato sensor 1 según la presente invención. El aparato sensor 1 incluye un alojamiento 2 que se puede fijar a la rueda 11,11' de una bicicleta, por ejemplo a uno o más radios 12, con unos medios de fijación 3.. El alojamiento 2 contiene un acelerómetro 4 de dos o tres ejes de coordenadas que está conectado con una unidad de procesamiento 5 la cual a su vez está conectada a un transmisor inalámbrico 6 que tiene una antena 7. Estas tres unidades están alimentadas por una batería 8 o por una fuente de alimentación alternativa. El transmisor inalámbrico 6, por ejemplo, opera según la norma ANT/ANT+, Zibbee o Bluetooth, y se puede usar para transmitir datos del aparato sensor 1 a un dispositivo lejano 9, tal como por ejemplo un ordenador de bicicleta, un teléfono móvil o un asistente digital personal (en adelante PDA). La pantalla 10 del dispositivo lejano 9 se puede usar entonces para presentar visualmente los resultados de las medidas del aparato sensor 1. El dispositivo lejano 9 se puede usar también para almacenar los datos recibidos del aparato sensor 1, por ejemplo para su análisis y descarga posteriores a un ordenador. La unidad de procesamiento 5 puede ser alternativamente una parte del dispositivo lejano 9, por ejemplo, el procesamiento realizado por la unidad de procesamiento 5 se puede implementar como tareas adicionales que se ejecuten en un microprocesador de la unidad remota 9.

- 25 Como puede verse en la figura 2, el aparato sensor 1 preferiblemente está fijado a la rueda trasera 11 de una bicicleta. Alternativamente, el aparato sensor 1 se puede fijar también a la rueda delantera 11'. El aparato sensor 1 debería montarse a la rueda 11 de tal manera que el primer eje z de coordenadas de medida del acelerómetro 4 esté situado sustancialmente paralelo al eje 13 de la rueda 11 y el segundo eje y de coordenadas de medida del acelerómetro 4 esté situado sustancialmente perpendicular al eje 13 de la rueda 11 y preferiblemente interseque al eje de coordenadas x del eje 13 de la rueda 11, preferiblemente en su centro C. De este modo, el acelerómetro 4 puede medir las aceleraciones laterales que actúen formando un ángulo recto con el plano de la rueda 11 a lo largo del primer eje de coordenadas z de medida, así como las aceleraciones radiales con respecto al eje 13 a lo largo del segundo eje de y de coordenadas de medida. Si el acelerómetro 4 provee un tercer eje de coordenadas z que sea ortogonal a los ejes de coordenadas x e y primero y segundo, entonces se pueden medir también las aceleraciones que actúen tangencialmente con respecto a los círculos centrados en el centro C de la rueda 11 . Los acelerómetros adecuados para el presente objeto se adquieren fácilmente en fabricantes tales como Analog Devices, Inc., por ejemplo dispositivos como el acelerómetro de dobles ejes geométricos o el acelerómetro de tres ejes de coordenadas ADXL345.

- 40 En la figura 3 se muestran las fuerzas que actúan sobre el acelerómetro 4. Como puede verse en las figuras 3 a) y 3b), las fuerzas normales  $F_{n,b}$  y  $F_{n,t}$ , respectivamente, que actúan sobre el acelerómetro 4 cuando éste está situado en la parte más alta de la rueda 11 y en la parte más baja de la rueda 11 respectivamente, tienen diferentes intensidades. De acuerdo con ello, la aceleración radial medida por el acelerómetro 4 durante cada rotación de la rueda 11 variará entre un valor máximo alcanzado cuando el acelerómetro 4 llega a su posición más baja de la revolución y un valor mínimo alcanzado cuando el acelerómetro 4 alcanza la posición más alta de la revolución. La diferencia entre estos dos valores extremos depende de la aceleración gravitatoria g. Cuando la bicicleta está marchando a una velocidad constante v, la aceleración medida en la dirección radial (y) fluctuará entre los dos valores extremos dados por  $v^2/r \pm g$  durante cada revolución de la rueda 11. En este caso, v es la velocidad tangencial del punto de intersección de los ejes de coordenadas de medida x y z rotando a una distancia r del centro C de la rueda 11. De ese modo, el tiempo que se tarda en una rotación completa de la rueda 11 se puede determinar midiendo el tiempo transcurrido entre dos máximos o mínimos consecutivos de la señal de aceleración en relación de asociación con la aceleración a lo largo del segundo eje geométrico de medida y. A partir de esto, se puede calcular la velocidad de la marcha teniendo en cuenta el diámetro D de la rueda que da lugar a la velocidad de marcha tal como  $v = D \cdot \omega$ .

- 55 La figura 3 c) ilustra la rueda trasera 11 vista desde atrás junto con los pedales 14,14', las bielas 15, 15' y el eje 17. Como se puede ver la fuerza de pedaleo izquierda y derecha  $F_{l/r}$  consiste en una componente  $F_{l/r,xy}$  paralela al plano abarcado por los ejes segundo y tercero y y x de coordenadas de medida del acelerómetro 4 y una componente  $F_{l/r,z}$  que forma un ángulo recto con la misma. La componente  $F_{l/r,z}$  que actúa hacia los lados se debe al brazo de palanca de la fuerza que se está aplicando alternativamente al pedal izquierdo y derecho 14 y 14' así como es debida a las transferencias periódicas del peso del ciclista que acompañan a la acción del pedaleo. Esta fuerza da lugar a un movimiento de "balanceo" hacia los lados de la bicicleta a un ritmo de la cadencia de pedaleo.

La aceleración lateral en relación de asociación con la misma se puede medir a lo largo del primer eje geométrico z de medida del acelerómetro 4. En la figura 4 se muestra un ejemplo de gráfico de esta aceleración lateral. El tiempo que se tarda para un ciclo completo de las bielas 15, 15' y de la rueda 16 de cadena se puede determinar de ese modo midiendo el tiempo transcurrido TR entre dos máximos o mínimos consecutivos de la señal de aceleración en relación de asociación con la aceleración a lo largo del primer eje geométrico z de medida, dando lugar a la cadencia de pedaleo  $R = 1/TR$ . Alternativamente y con mayor facilidad, se puede medir el tiempo TR entre dos cambios consecutivos de signo/ polaridad de la señal de aceleración en relación de asociación con la aceleración a lo largo del primer eje geométrico z de medida.

Durante cada ciclo de pedaleo –al que también se hace referencia como “pedalada”- el ciclista aplica una fuerza de intensidad continuamente variable, del modo siguiente. El período de la máxima actividad muscular que resulta en la fuerza de pedaleo más intensa, conocido como la “fase de potencia”, es la parte de la pedalada que abarca desde las 12 hasta las 5 del reloj, es decir, la carrera descendente. Durante esta fase la bicicleta acelera ligeramente y coge velocidad temporalmente. Durante la fase siguiente se aplica una fuerza menos intensa al pedal, que actúa como una transición a la retocarrera – de aquí que la bicicleta decelere ligeramente y pierda velocidad de nuevo. Durante la carrera ascendente, la otra pierna “toma el mando” y aplica fuerza al pedal opuesto. Esta aceleración y deceleración periódicas en la dirección de la marcha es también registrada por el acelerómetro 4 a lo largo de sus ejes geométricos de medida segundo y tercero y y x. En la figura 4 se muestra un ejemplo de gráfico de la variación en aceleración radial (es decir, a lo largo del segundo eje geométrico de medida y del acelerómetro 4). Como puede verse, la envolvente de la señal de aceleración varía a un ritmo según el ciclo de pedaleo, es decir, con la cadencia. Midiendo el tiempo TR transcurrido entre máximos o mínimos consecutivos en la envolvente de la señal de aceleración en relación de asociación con la aceleración en la dirección del segundo eje geométrico y de medida, se puede determinar el periodo de la pedalada  $TR = 1/R'$ . Simultáneamente se puede determinar la velocidad de marcha midiendo el tiempo transcurrido Tv entre máximos o mínimos consecutivos en la señal de aceleración. Los gráficos representados en las figuras 4 y 5 corresponden a una situación en la que la fuerza de pedaleo es  $R = 30$  revoluciones por minuto (rpm) o  $R = 0,5$  revoluciones por segundo, lo que resulta en una velocidad de aproximadamente 32 km/h con una relación de transmisión de 8 (es decir, un ritmo de revoluciones de rueda de 240 rpm o de 4 revoluciones por segundo) para ruedas que tengan un diámetro  $D= 71,12$  cm (28 pulgadas) . El aparato sensor 1 se posicionó de ese modo a una distancia  $r = 71,12$  cm desde el centro C de la rueda 11, es decir, en la llanta de la rueda.

Este valor R' más para la cadencia determinado a partir de la señal de aceleración en relación de asociación con el segundo eje geométrico de medida y - así como también el valor R'' para la cadencia determinado a partir de la señal de aceleración en relación de asociación con el tercer eje geométrico de medida x del acelerómetro 4 - se pueden usar como una alternativa al valor R para la cadencia determinado a partir de la señal de aceleración en relación de asociación con el primer eje geométrico de medida z, por ejemplo cuando no es posible realizar ninguna medida a lo largo del eje geométrico de medida z debido a un fallo de funcionamiento o a una avería en el acelerómetro 4. Alternativamente, los valores R y R' –así como R'' - se pueden combinar con el fin de mejorar la precisión del resultado con respecto a la cadencia. Sin embargo, hay que hacer notar que la determinación de R' y R'' es difícil para bajas relaciones de transmisión, por ejemplo por debajo de un factor de 3, puesto que la extracción de la envolvente se hace más difícil cuando la frecuencia de la envolvente es muy próxima a la frecuencia de la señal que se está envolviendo.

El valor medio de la señal de aceleración en relación de asociación con la aceleración en la dirección del segundo eje geométrico de medida y del acelerómetro 4 es proporcional a  $v_{tg}^2/r (= 4 \pi^2 r / T_v^2)$  es decir, depende de la velocidad tangencial del acelerómetro (es decir, a lo largo de su eje geométrico x) rotando en la rueda a una distancia r del centro C .Por tanto, es también posible determinar la velocidad de marcha v ( $= v_{tg} D/2/r$ ) a partir del valor medio de la señal de aceleración antes mencionada. Esto se logra por ejemplo con la ayuda de la calibración, es decir, haciendo medidas anteriores del valor medio de la señal de aceleración anteriormente mencionada para diferentes velocidades de marcha v, y luego usar este dato durante la operación del aparato sensor 1 para determinar la velocidad de marcha momentánea v a partir de la señal de aceleración promedio medida, por ejemplo empleando una tabla que contenga valores promedio de aceleración y los correspondientes valores de velocidad.

#### LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

1	aparato sensor
2	alojamiento
3	medios de fijación para fijar el alojamiento a una rueda de bicicleta
4	acelerómetro
5	unidad/medios de procesamiento
6	transmisor inalámbrico
7	antena

## ES 2 417 323 T3

	8	batería/fuente de alimentación
	9	dispositivo lejano (por ejemplo, ordenador de bicicleta, teléfono móvil, asistente digital personal)
	10	pantalla
5	11	rueda (trasera y delantera)
	12	radio
	13	eje de rueda
	14	pedal (derecho e izquierdo)
	15	biela (derecha e izquierda)
10	16	rueda de cadena
	17	eje
	a	eje geométrico del eje de la rueda
	C	centro de la rueda/eje
	D	diámetro de rueda
15	G	aceleración de la gravedad
	$F_{n,b}$ , $F_{n,t}$	fuerza normal (en la parte más baja y en la parte más alta de la revolución de la rueda)
	$F_l$ , $F_{l,xy}$ , $F_{l,z}$ ,	fuerza de pedaleo izquierda y derecha (totales y
	$F_r$ , $F_{r,xy}$ , $F_{r,z}$	componentes en la dirección del plano xy y en la dirección z)
	r	distancia desde el punto de intersección de los ejes geométricos x, y y z al centro C.
20	R, R', R''	cadencia de pedaleo
	TR, TR'	tiempo requerido para un ciclo de pedaleo completo.
	T	Tiempo requerido para una revolución completa de la rueda

**REIVINDICACIONES**

1 Un aparato sensor (1) para determinar tanto una cadencia de una biela (15, 15') como una velocidad de marcha de una bicicleta, que comprende:

- un alojamiento (2);

5 - un acelerómetro (4) con un primero y un segundo ejes geométricos de medida (z, y) instalados en unas direcciones sustancialmente perpendiculares entre sí, dispuesto para proporcionar una primera señal dependiente de una primera aceleración a lo largo del primer eje geométrico de medida (z) y una segunda señal dependiente de una segunda aceleración a lo largo del segundo eje geométrico de medida (y);

- un transmisor inalámbrico (6);

10 - una fuente de alimentación (8);

15 en donde el acelerómetro (4), el transmisor inalámbrico (6) y la fuente de alimentación (8) están contenidos en el alojamiento (2), caracterizado porque el alojamiento (2) comprende unos medios de fijación (3) dispuestos para fijar el alojamiento (2) a una rueda (11, 11') de la bicicleta, y en donde el aparato sensor (1) comprende además unos primeros medios dispuestos para determinar la cadencia del ritmo en que ocurren cambios consecutivos de polaridad en la primera señal, o a partir del ritmo en que ocurren los valores extremos consecutivos positivo y negativo en la primera señal, y unos segundos medios dispuestos para determinar la velocidad de marcha a partir del ritmo en que ocurren los valores de pico consecutivos máximo y mínimo en la segunda señal.

20 2. El aparato sensor (1) según la reivindicación 1, que comprende además unos terceros medios para determinar la cadencia a partir del ritmo en que ocurren los valores de pico máximo y mínimo consecutivos en la envolvente de la segunda señal.

3. El aparato sensor (1) según la reivindicación 2, que comprende además unos cuartos medios para determinar un valor de cadencia más preciso y/o más fiable usando el valor de cadencia determinado por los primeros medios y el valor de cadencia determinado por los terceros medios.

25 4. Una rueda (11, 11') de bicicleta con un aparato sensor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el primer eje geométrico de medida (z) está orientado en una dirección sustancialmente paralela al eje (13) de la rueda (11, 11') y el segundo eje geométrico de medida (y) está orientado en una dirección sustancialmente perpendicular al eje (13).

5. La rueda (11, 11') de bicicleta según la reivindicación 4, en donde el segundo eje geométrico de medida (y) interseca al eje geométrico (a) del eje (13).

30 6. El aparato sensor (1) según la reivindicación 1, en donde los medios primero y segundo son parte de un ordenador (9) de bicicleta o de un dispositivo portátil tal como, por ejemplo, un teléfono móvil o un asistente digital personal.

35 7. Una bicicleta con un aparato sensor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3 ó 6, en donde el alojamiento (2) está fijado a una rueda (11, 11') de la bicicleta, preferiblemente a una rueda trasera (11), y en donde el primer eje geométrico de medida (z) está orientado en una dirección sustancialmente paralela al eje(13) de la rueda (11, 11') a la que está fijado el aparato sensor (1), y el segundo eje geométrico de medida (y) está orientado en una dirección sustancialmente perpendicular al eje (13) de la rueda (11, 11') a la que está fijado el aparato sensor (1).

8. La bicicleta según la reivindicación 7, en la que el segundo eje geométrico de medida (y) interseca al eje geométrico (a) del eje (13) de la rueda (11, 11') a la que está fijado el aparato sensor (1).

40 9. Un método para determinar tanto una cadencia de biela (15, 15') como una velocidad de marcha de una bicicleta usando un acelerómetro (4) fijado a una rueda (11, 11') de la bicicleta, de tal manera que un prime eje geométrico de medida (z) del acelerómetro (4) esté orientado en una dirección sustancialmente paralela a un eje (13) de la rueda (11,11'), y un segundo eje geométrico de medida (y) del acelerómetro (4) esté orientado en una dirección sustancialmente perpendicular al eje (13), cuyo método comprende las etapas de:

45 a) medir una primera señal dependiente de una primera aceleración a lo largo del primer eje geométrico de medida (z);

b) medir una segunda señal dependiente de una segunda aceleración a lo largo del segundo eje geométrico d medida (y);

50 c) determinar el valor de cadencia a partir del ritmo en que ocurren cambios consecutivos de polaridad en la primera señal, o a partir del ritmo en que ocurren valores extremos consecutivos positivos y negativos en la primera señal;

d) determinar el valor de la velocidad de marcha a partir del ritmo en que ocurren valores extremos consecutivos positivo y negativo en la segunda señal.

10. El método según la reivindicación 9, que comprende además la etapa de:

5 e) determinar el valor de cadencia a partir del ritmo en que ocurren valores extremos consecutivos en la envolvente de la segunda señal.

11. El método según la reivindicación 10, que además comprende la etapa de:

f) determinar un valor de cadencia más preciso y más fiable usando el valor de cadencia determinado en la etapa c) y el valor de cadencia determinado en la etapa e).

10 12. Uso de un acelerómetro (4) de 2 o de 3 ejes geométricos de coordenadas fijado a una rueda (11, 11') de una bicicleta, dispuesto para proveer una primera señal indicativa de una cadencia de una biela (15, 15'), en donde la primera señal depende de una primera aceleración a lo largo de un primer eje geométrico de medida (z) del acelerómetro (4) orientada en una dirección sustancialmente paralela a un eje (13) de la rueda (11, 11'), y para proveer además una segunda señal indicativa de una velocidad de marcha de la bicicleta, en donde la segunda señal depende de una segunda aceleración a lo largo de un segundo eje geométrico de medida (y) del acelerómetro  
15 (4) orientada en una dirección sustancialmente perpendicular al eje(13) de la rueda (11,11').

20 .

25

30 .

35

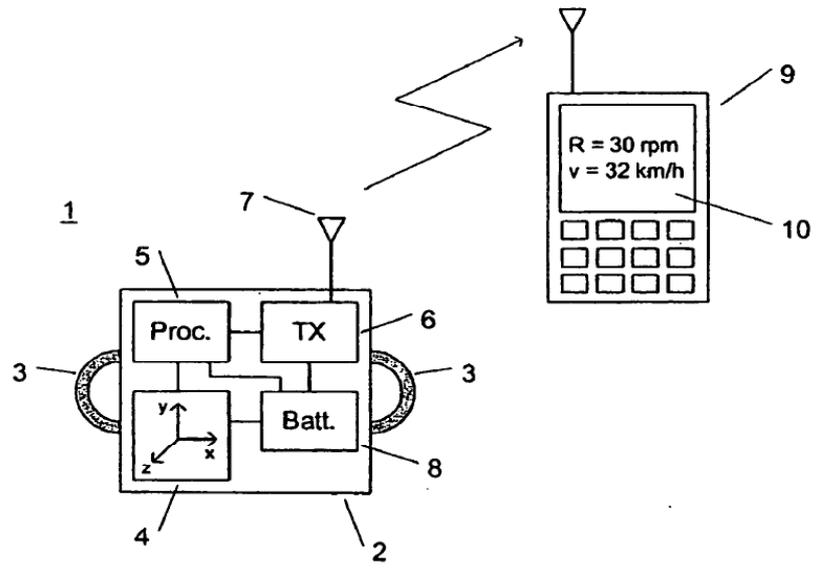


Fig. 1

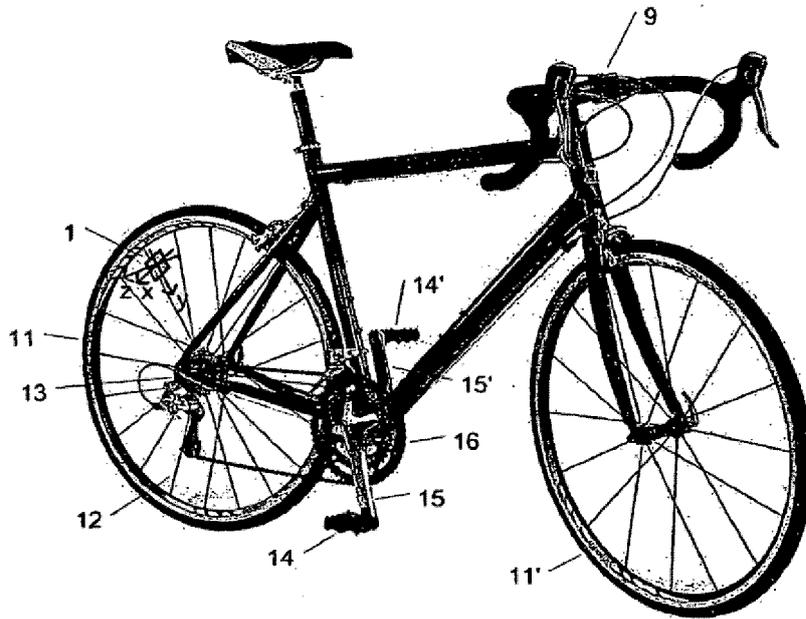


Fig. 2

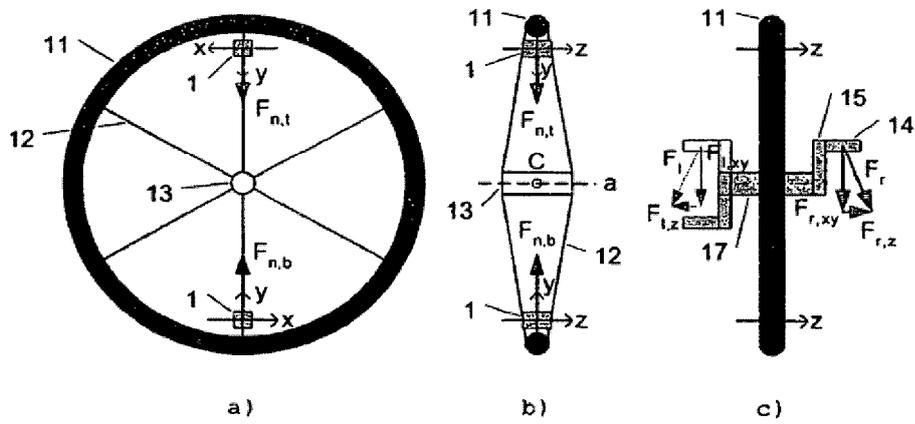


Fig. 3

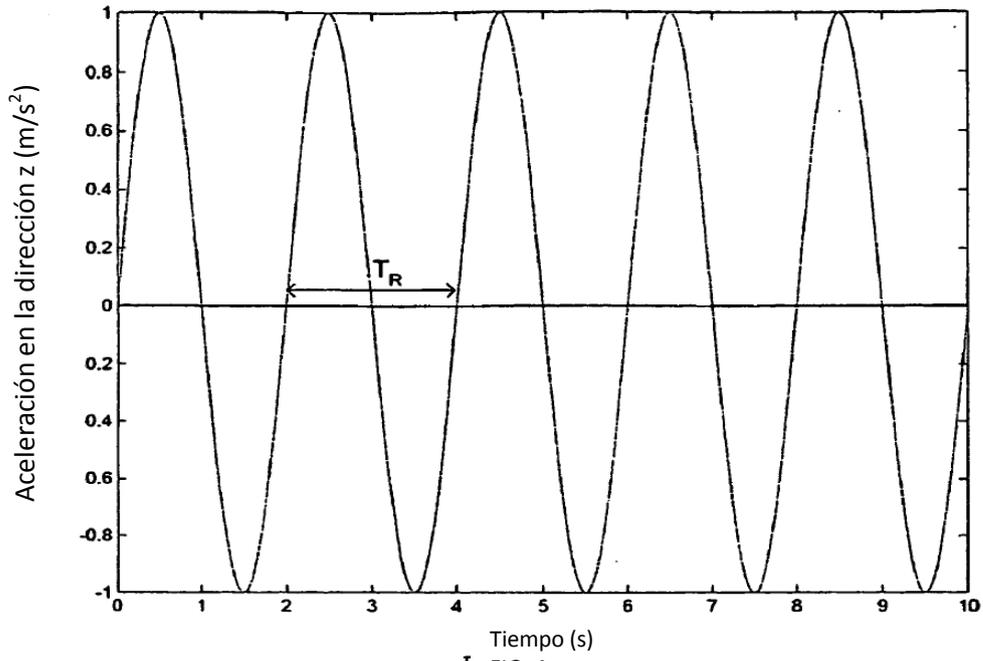


FIG. 4

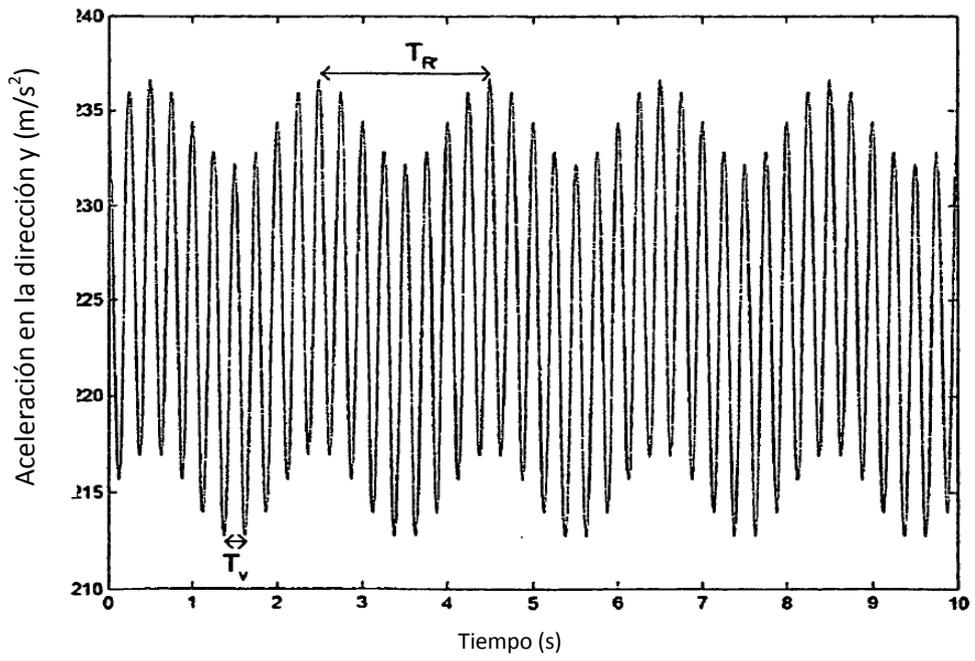


FIG 5