

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 232**

51 Int. Cl.:

A63B 69/06 (2006.01)
A63B 71/06 (2006.01)
A63B 24/00 (2006.01)
G01C 22/00 (2006.01)
B63B 49/00 (2006.01)
B63H 16/00 (2006.01)
B63J 99/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2003 PCT/AU2003/001430**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.05.2004 WO04039462**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2003 E 03769038 (5)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 1562680**

54 Título: **Monitorización de eventos deportivos**

30 Prioridad:

01.11.2002 AU 2002952407
23.06.2003 AU 2003903123

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.11.2017

73 Titular/es:

CATAPULT GROUP INTERNATIONAL PTY LTD
(100.0%)
Level 1, 183 Ferrars Street
South Melbourne, VIC 3205, AU

72 Inventor/es:

GRENFELL, RONALD RMIT,;
ZHANG, KEFEI RMIT,;
MACKINTOSH, COLIN;
JAMES, DANIEL y
DAVEY, NEIL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 641 232 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

Monitorización de eventos deportivos

- 5 Esta invención se refiere a un procedimiento y sistema para monitorizar las características de rendimiento de los atletas en general y también de los atletas en embarcaciones en deportes acuáticos como el remo, piragüismo, surfski y vela.

Antecedentes de la invención

10

La monitorización del rendimiento de los atletas tanto en el entrenamiento como en competición es importante en el desarrollo e implementación de nuevos enfoques dirigidos a mejorar el rendimiento deportivo.

- 15 La capacidad de medir y registrar la información física del atleta y la información posicional asociada con el movimiento del atleta en tiempo real es vital en el proceso de entrenamiento del atleta. El oxígeno en sangre, la respiración, el ritmo cardíaco, la velocidad, la aceleración/fuerza, los cambios en la dirección, y muchos otros factores son necesarios en el entrenamiento de los atletas. La información de la posición, movimiento y fuerza juega un papel importante en el análisis efectivo del rendimiento del atleta, especialmente para los remadores. Por ejemplo, la frecuencia de carrera, fuerza y sincronización de los atletas son críticas para el rendimiento de los remadores en una competición. Actualmente la información de carrera solo puede medirse en laboratorios deportivos dedicados o utilizando dispositivos simulados. El análisis fiable de la velocidad de carrera y la distancia de carrera en el remo ha sido un desafío durante mucho tiempo debido a la disponibilidad de los datos del escenario real, en particular una alta precisión de los datos de posición, velocidad y aceleración. Las tecnologías existentes utilizadas para este fin incluyen estudios teóricos, procedimientos de grabación en vídeo, procedimiento de tanque interior, modelado por ordenador y estudios de ergómetros. La mayoría del equipamiento es demasiado pesado, caro, intrusivo o menos fiable. Por tanto, la monitorización inteligente en tiempo real durante el entrenamiento y la competición para ayudar a los atletas de élite a mejorar su rendimiento y evitar lesiones es crítica para los atletas y los entrenadores. Cualquier metodología que mejore la situación no solo beneficiaría a la práctica del remador, sino también a otras muchas aplicaciones relacionadas con los deportes, incluyendo deportes en equipo y atletas individuales.
- 20
- 25
- 30

Las patentes de EE.UU. 4984986 y 5099689 describen sistemas de medición para un aparato de remo que mide el número de carreras o la fuerza aplicada a la máquina.

- 35 La patente de EE.UU. 6308649 describe un sistema de monitorización para competiciones de vela que proporciona información a la tripulación de parámetros como la velocidad del viento y su dirección, la velocidad de la embarcación, los parámetros de confort de la embarcación de vela, forma de la vela, tensiones de la cuerda, ángulo del timón, etc.
- 40 Algunos desarrollos de los sistemas de monitorización se han producido en deportes no acuáticos. La patente de EE.UU. 6148262 describe un ordenador para deportes de pedal que incluye un receptor GPS para proporcionar una capacidad de mapeo. Las patentes WO 01/52718, WO 01/42809 y EE.UU. 6463385 describen sistemas para monitorizar atletas usando GPS. Las patentes WO 01/52718 y WO 01/42809 utilizan además acelerómetros. "Development of Small Size Data Logger to Observe Marine Animals" por Muramoto et al., "Detection of Static and Dynamic Activities Using Uniaxial Accelerometers" por Veltink et al., y "Motion pattern and posture: Correctly assessed by calibrated accelerometers" por Foerster et al., cada uno describe sistemas de monitorización que utilizan acelerómetros.
- 45

En los atletas, la capacidad para monitorizar el movimiento, la aceleración y el ritmo es útil especialmente en eventos en pista y en campo. En deportes de equipo como el fútbol, la capacidad de realizar un seguimiento y registrar los movimientos de los jugadores es útil para los entrenadores.

50

Es un objetivo de esta invención proporcionar un dispositivo para la monitorización en tiempo real del rendimiento de la embarcación y del atleta en eventos acuáticos en atletismo y otros deportes.

55

Con este fin, un registrador de datos en agua ejemplar puede incluir

- a) un sensor de movimiento para detectar el movimiento
- b) al menos un sensor fisiológico conectable al cuerpo humano
- 60 c) una unidad de control para recibir los datos desde el acelerómetro y el sensor fisiológico

d) dicha unidad de control estando programada para manipular los datos recibidos y transformarlos en parámetros útiles para evaluar el rendimiento

e) medio de visualización para mostrar dichos parámetros

f) medio de almacenamiento para almacenar los parámetros y/o

5 g) medio de telemetría para transmitir los parámetros a un punto de control remoto

Dicho dispositivo proporcionará datos longitudinales del entorno de entrenamiento y competición y proporcionará los datos fisiológicos del atleta y los datos de rendimiento relacionados con el deporte.

10 Para el remo u otros deportes acuáticos, los datos del sensor de movimiento pueden usarse para producir resultados que se correlacionan con

a) la velocidad de la embarcación

b) la aceleración o fuerza de cada carrera

15 c) la velocidad de carrera

El sensor de movimiento es preferiblemente un acelerómetro, pero también puede ser una unidad impulsora para detectar la velocidad o una unidad GPS para detectar la posición instantánea de la embarcación y la velocidad o combinaciones de estos sensores. Un impulsor puede instalarse en el casco de la embarcación y sus rotaciones ser detectadas para obtener la velocidad de la embarcación. Una desventaja del impulsor es que dificulta la velocidad de la embarcación y por tanto no es deseable su uso durante la competición. Alternativamente, puede instalarse un micro sensor de flujo de fluidos en el casco para medir el flujo del agua pasado un punto del casco para determinar la velocidad de la embarcación. Un micro sensor del flujo de fluidos no dificultará la velocidad de la embarcación. Un transmisor de receptor GPS puede incluirse en el dispositivo para obtener los parámetros de ubicación y velocidad.

25

Los sensores fisiológicos utilizados se sujetan a la tripulación de la embarcación. El ritmo cardíaco es el principal parámetro a medir y esto puede detectarse usando sensores eléctricos o micrófonos. La frecuencia respiratoria también es importante y puede medirse detectando la dilatación de una banda de pecho o utilizando un micrófono y un software de reconocimiento de señal. Otro parámetro es la saturación de oxígeno arterial, que puede medirse de forma no invasiva mediante un sensor, colocado en el lóbulo de la oreja o en la punta del dedo, usando una oximetría del pulso empleando una técnica de absorción infrarroja. La espectroscopia infrarroja puede utilizarse para la medición no invasiva de las concentraciones de lactato en la sangre.

30

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de adquisición de datos para su uso en eventos deportivos, que incorpora un sensor de posición global para obtener tres datos de posicionamiento dimensional relativos al tiempo transcurrido; al menos un acelerómetro para obtener los datos de aceleración y velocidad; un microcontrolador con un reloj para interrogar el sensor de posición global y para medir los datos del acelerómetro; una fuente de alimentación; y medio de comunicación para la transmisión de los datos de posición global y los datos del acelerómetro desde el microcontrolador a un dispositivo informático; el microcontrolador o dispositivo informático estando programado para utilizar los datos de posición global y del acelerómetro para proporcionar resultados precisos y continuos de los parámetros como la velocidad, aceleración y distancia recorrida, caracterizado porque el al menos un acelerómetro es para obtener datos de aceleración y velocidad en tres dimensiones, donde los datos del acelerómetro se muestrean para obtener las características de movimiento del deporte que está siendo monitorizado.

45

Preferiblemente, el reloj es para interrogar el sensor de posición global a una frecuencia de al menos 1 Hz. Preferiblemente la transmisión es una transmisión inalámbrica y el dispositivo informático es un dispositivo informático remoto. Preferiblemente, la velocidad se deriva del sensor de posición global. Preferiblemente, los datos del acelerómetro se integran para obtener las características del movimiento relacionadas con la velocidad y la deriva se comprueba cada segundo usando el resultado del sensor de posición global.

50

Este sistema proporciona un dispositivo de plataforma que puede utilizarse para una amplia gama de deportes simplemente proporcionando un software apropiado para obtener a partir de los datos del acelerómetro y del GPS los parámetros deportivos deseados como la frecuencia de la zancada, la velocidad, la longitud de la zancada, la aceleración vertical, el tiempo levantado del suelo para salto de longitud y eventos como el esquí aéreo.

55

Se describirán las realizaciones particulares de la invención.

La Figura 1 es una distribución esquemática de un registrador de datos utilizado para un remero y una embarcación de remo;

60

La Figura 2 muestra un organigrama del resultado del software para un registrador de datos de remo;
 La Figura 3 es una ilustración gráfica de la carrera determinada usando datos GPS;
 La Figura 4 ilustra visualización de una pantalla de ordenador; y
 La Figura 5 ilustra la desviación entre las mediciones de velocidad obtenidas del código y el portador.

5

Una carrera en remo es un movimiento preciso con los remadores usando sus piernas, espalda y brazos para generar potencia. Una carrera comienza con la colocación del remo o la pala en el agua, y finaliza cuando el remo vuelve a salir del agua y se posiciona para otro ciclo. La carrera de remo puede dividirse en cuatro fases principales: captura, tracción, acabado, y recuperación. Estas fases secuenciales deben fluir desde y hasta cada una de ellas para producir un movimiento continuo y fluido.

10

La captura. En la captura, la pala se coloca en el agua rápidamente minimizando al mismo tiempo la perturbación a la embarcación. Los brazos del remero se extienden hacia afuera, el torso se inclina hacia adelante, y las piernas se flexionan. Una buena captura produce una cantidad mínima de salpicadura delantera y trasera mínima y causa una mínima frenada. Las capturas de toda la tripulación de una embarcación deben ser idénticas. Las capturas no sincronizadas causan problemas de equilibrio y reducen la velocidad de la embarcación. La pala debe estar totalmente cuadrada con el agua en el momento de la captura.

15

La tracción. La embarcación gana velocidad con la tracción. En esta parte de la carrera, el remero aplica potencia al remo con la fuerza de los brazos, espalda y piernas, y oscila su torso hacia el lado opuesto de la popa de la embarcación. La pértiga del remo se empuja en un movimiento limpio, potente y nivelado hacia la proa de la embarcación con una fuerza constante.

20

El acabado. En el acabado, el remero finaliza de aplicar potencia a la pértiga del remo, saca la pala del remo del agua rápidamente, y cala el remo de forma que la pala del remo se pone en paralelo con la superficie del agua.

25

La Recuperación. Esta parte de la carrera proporciona a los remeros un breve descanso para prepararse para la próxima carrera. El remero debe deslizarse hacia la popa de la embarcación y preparar la pala para la próxima captura. Las tripulaciones exhiben aproximadamente una proporción de 2:1 entre el tiempo pasado en la recuperación y el tiempo pasado en la tracción. Al final de la recuperación, el remo se cuadra gradualmente (la pala del remo se pone en perpendicular a la superficie del agua) y se prepara para la captura. Comprender qué movimientos deberían producirse en cada fase de la carrera permite a los entrenadores diseñar programas de acondicionamiento efectivos y evaluar el rendimiento del ejercicio de remo de forma efectiva. El éxito en el remo de competición se consigue tardando el tiempo más corto en completar un curso de 2000 metros, que directamente se vincula a la velocidad media de la embarcación. La aceleración es proporcional a la fuerza y el tiempo desde que la embarcación se acelera a medida que reacciona con el arco de barrido del remo. Los tres factores que afectan a la velocidad de la embarcación, potencia, longitud y ritmo, son determinantes importantes del rendimiento del remo. La potencia determina la velocidad de recorrido de la embarcación en una carrera, la longitud se asocia con la distancia que recorre la embarcación en cada carrera y el ritmo proporciona cuántas carreras se reman por minuto. Por tanto, el remero debe conseguir una combinación óptima de alta potencia de carrera, larga longitud de carrera y alto ritmo de carrera.

30

35

40

Los datos obtenidos de los acelerómetros han sido usados para ayudar en el proceso de entrenamiento y mejorar el rendimiento del atleta.

45

Recientes desarrollos en la tecnología de los sistemas micro-electromecánicos (MEMS) han abierto nuevas posibilidades para el uso de acelerómetros y giroscopios ligeros de alta precisión para nuevas y apasionantes aplicaciones deportivas (por ejemplo, calificar el ritmo y la longitud de la carrera y el avance del remo). MEMS integra componentes eléctricos y mecánicos en un único chip a través una amplia investigación de las tecnologías de procesamiento de circuitos integrados. Ya que los acelerómetros MEMS se originaron a partir de la seguridad del vehículo y la estabilización electrónica, solo proporcionan mediciones de muy baja precisión. Sin embargo, ya que los dispositivos micromecánicos son esencialmente más pequeños, y normalmente más precisos que sus equivalentes macroscópicos, cada vez hay más sensores más y más fiables. Los acelerómetros miden la aceleración lineal y los giroscopios miden la aceleración angular (cabeceo, inclinación y vuelco).

50

55

La mayoría de los acelerómetros se utilizan simultáneamente con giroscopios para formar un sistema de navegación inercial o "navegación por estima". Aquí es donde la desviación de la posición de una referencia conocida (o punto de inicio) se determina mediante la integración de la aceleración en cada eje a lo largo del tiempo. Para minimizar el error, los giroscopios permiten determinar la orientación del acelerómetro y el integrador se reinicia a las posiciones de referencia conocidas tras cada contacto con el suelo. En este enfoque, los transductores acelerométricos y

60

giroscópicos se combinan para recoger y transmitir información completa tridimensional sobre el movimiento de un remero.

Los errores de los sensores inerciales incluyen errores del encabezado inicial del sistema, errores del factor de escala del giroscopio, factor de escala del acelerómetro, y errores de inclinación del giroscopio. Estas desviaciones e inclinaciones son intrínsecas en los sensores inerciales causarán una desalineación de la plataforma y los errores en las aceleraciones detectadas, lo que por tanto resulta en errores en las velocidades y posiciones computadas.

La llegada de los sistemas globales de navegación por satélite avanzados (GNSS), GPS en particular, ha revolucionado las técnicas convencionales de posicionamiento preciso. El GPS ha estado más sometido a una amplia gama de aplicaciones mediante la evolución de métodos estáticos y cinemáticos rápidos, y ahora aún más con la llegada de la técnica On-The-Fly (OTF) y más recientemente las técnicas RTK basadas en red como el sistema de estación de referencia virtual Trimble y el método de parámetro de corrección de superficie Geo++. La cinemática en tiempo real (RTK) o posicionamiento Epoch individual para determinar las ambigüedades del entero en tiempo real. Por tanto no es necesario realizar ninguna inicialización estática antes de realizar el estudio. Debido a las longitudes de onda pequeñas de las frecuencias de la fase portadora ($\lambda_{L1} \approx 19\text{cm}$ y $\lambda_{L2} \approx 19\text{cm}$), la determinación de la posición dentro de un ciclo específico a un nivel milimétrico usando mediciones de la fase portadora diferencial (es decir, técnicas diferenciales), es posible. La mayoría de los sistemas determinan estadísticamente la solución más probable para la posición del receptor itinerante. Virtualmente, los algoritmos de procesamiento de la fase portadora que utilizan una técnica OTF dependen de la fase portadora de diferencia doble como la medición principal. Un cuadro de búsqueda se determina dentro del cual la posición debe estar. Todas las posibles soluciones entonces se evalúan y se selecciona el candidato estadísticamente más probable. Este procedimiento es extremadamente intensivo informáticamente, particularmente con un gran número de satélites. Sin importar si el sistema es para uso en tiempo real o tras la misión, el algoritmo se trata generalmente igual. Claramente, con las implementaciones en tiempo real, las interrupciones de datos, los entornos de observación poco favorables, las multi rutas y los lapsus de ciclo pueden limitar gravemente el rendimiento del sistema. El tiempo para la resolución de la ambigüedad puede variar de unos segundos a varios minutos, dependiendo de algunas de las siguientes consideraciones:

- El uso de L1 versus L1-L2 (canal ancho, $\lambda_{L2} \approx 86\text{cm}$) observable
- Distancia entre los receptores de referencia y de itinerancia
- Número y geometría de los satélites
- Método de búsqueda de ambigüedad utilizado y condiciones atmosféricas diferenciales
- Calidad de la señal recibida (efectos multi ruta, código y ruido de la fase portadora, etc.)

La detección precisa y eliminación de los lapsus de ciclo es esencial para el uso satisfactorio de la técnica GPS cinemática OTF. Se han desarrollado varias técnicas de detección del lapsus del ciclo en la última década. Se incluyen técnicas de diferenciación doble y triple, comparación de la diferencia entre la fase portadora adyacente y los valores del código (rango residual), comparación de la ecuación adyacente de los cuatro observables, ajuste de la curva de fase del portador, uso de satélites redundantes y uso de los valores Doppler sin procesar. Estos métodos normalmente asumen un comportamiento estocásticos conocidos para errores no modelados (por ejemplo, ruido, multi ruta, efectos atmosféricos diferenciales), que si están presentes, afectarán adversamente al rendimiento del algoritmos. Ninguna de estas técnicas puede resolver todos los problemas de posicionamiento cinemático. A veces, un lapsus de ciclo puede detectarse, pero no corregirse de forma precisa. Dichas instancias incluyen una pérdida de bloqueo, grandes efectos multi ruta y menor proporción señal a ruido. Esto necesita la combinación de dos o más de estas técnicas para obtener una solución más robusta.

La Figura 1 ilustra los componentes básicos de un sistema para monitorizar la velocidad de la embarcación y el ritmo cardíaco del remero.

El acelerómetro proporciona una salida PWM donde el ciclo de trabajo se relaciona con la aceleración. En el borde elevado y en el descendente de las salida PWM, un valor del temporizador se captura y se utiliza para calcular el ciclo de trabajo de los acelerómetros. El firmware también incluye un algoritmo para ajustar la inestabilidad en el periodo PWM; y para una pequeña cantidad de deriva. Se ha considerado un algoritmo más detallado que compense la deriva de temperatura a lo largo del tiempo, y se implementará más adelante.

La captación del impulsor utiliza un sensor Melexis MLX90215 de efecto Hall para detectar las rotaciones del impulsor NK. El MLX90215 se programa con una sensibilidad de 100mV/mT. La salida desde el sensor se amplifica por 100 para aumentar la amplitud de la señal a un intervalo utilizable. Esta señal luego se muestrea usando un A/D

a 1200 Hz y se procesa usando técnicas DSP dentro del firmware para calcular las rotaciones. En vez de usar un impulsor para detectar la velocidad de la embarcación, puede utilizarse un sensor de flujo de agua. Un sensor preferido es un micro PCB o sensor de flujo de fluidos basado en silicio que utiliza un calefactor en combinación con un sensor del calor que mide el cambio en la temperatura del fluido que pasa por el calefactor y un sensor para determinar la frecuencia de flujo del fluido que en este caso es el agua que fluye pasado un punto fijo en el casco de la embarcación. Esto puede entonces usarse para medir la velocidad de la embarcación.

Para un análisis del perfil de la competición y la carrera, se prefiere no utilizar impulsores en los sensores de flujo de agua, sino depender del GPS y los acelerómetros.

El dispositivo de visualización es un ordenador portátil Compaq iPAQ™ programado para presentar los datos en un formato que es útil para un entrenador o remero.

Se prefiere que el dispositivo tenga capacidades de registro de datos y transferencia IrDA lo que hace que el almacenamiento de datos en la unidad tenga algo menos de importancia. Sin embargo, almacenar los datos en la unidad tiene sentido, ya que los datos sin procesar pueden transmitirse al dispositivo y la mayor potencia de procesamiento del chip de la unidad permite un software flexible y el desarrollo de la visualización.

El microprocesador es un Hitachi HD64F3672FP que se deriva de la familia H8/300H. Sus principales características son:

- ocho registros de 32-bit O dieciséis de 16-bit o dieciséis de 8-bit.
- Interfaz de comunicación en serie (SCI)
- ADC de 10-bit (4 canales)
- 2k bytes de RAM

La unidad de acelerómetro está alimentada con una batería de 9 voltios, que se regula a 5 voltios internamente. Las dimensiones de la unidad de acelerómetro son 25 mm x 30 mm x 9 mm (más pequeña que una caja de cerillas normal). La cubierta debe ser resistente a las salpicaduras, pero es importante que pueda accederse a los botones on/off y inicio/parada, etc., incluso cuando los remeros lleven guantes.

Todos los chips que han sido seleccionados están entre los más pequeños disponibles en su gama; el Hitachi HD64F3672FP mide 12mm x 12mm, e incorpora una arquitectura de 64 pines y el ADXL202 que mide solo 5mm x 5mm.

La Figura 2 ilustra el flujo de salida de los diferentes sensores, es decir impulsor, monitor del ritmo cardíaco, reloj, sensor GPS y acelerómetro 3 D. La velocidad de carrera y la tracción de carrera al coeficiente de recuperación se derivan convenientemente a partir de los datos del acelerómetro mientras que la velocidad intra carrera, distancia por carrera y velocidad por carrera se derivan del acelerómetro, GPS y datos del reloj de tiempo.

Los datos del bloque 1 (por 3 o 4 canales) se empaquetarán y transmitirán en un único marco. El tiempo de muestreo para un marco (1 bloque a 150 muestras/seg) será equivalente a 6,6 ms. Estos datos se combinarán con la información del bloque y del canal.

Un total de ocho bytes se requieren para transmitir un bloque de datos; esto incluye el encabezado, dos canales de 16 bit, recuento de Rotación del impulsor y recuento del Ritmo cardíaco. El recuento del Ritmo cardíaco solo se transmite una vez por segundo, o una vez cada 150 marcos. El ritmo cardíaco es un resultado que indica el valor en milisegundos a partir del latido anterior o el milisegundo en que se produjo el latido durante ese paquete de información. Esto se utiliza para calcular el ritmo cardíaco (RC) latido a latido. Alternativamente, el número de latidos en 15 segundos se totaliza y luego se multiplica con 4 para obtener el RC. El algoritmo luego ejecuta un promedio consecutivo para suavizar los datos. Dado que el RC máximo nunca superará los 250 bpm, esto significa que como mucho un latido se producirá cada 240 ms que es aproximadamente 1 impulso cada 2 paquetes de información. La tabla 1 muestra un bloque de datos excluyendo el encuadre y los datos de la información de red.

Tabla 1

Byte	1	Encabezado de marco(xEE)
	2	Número de bloques(4 bits)
		Número de canales(4 bits)
	3	ACC "Y" bits 1-8
	4	ACC "Y" bits 9-16

	5	ACC "Y" bits 1-8
	6	ACC "Y" bits 9-16
	7	Recuento de rotación del impulsor (8bits)
	8	Recuento de latido cardíaco (8bits)

La Tabla 2 ilustra un ejemplo de la secuencia de bits para dos marcos. El primer marco contiene dos canales de 16 bits y el recuento de Rotación del impulsor, y el segundo marco contiene dos canales de 16 bits, el recuento de Rotación del impulsor y el recuento de la Frecuencia cardíaca.

5

Tabla 2

Secuencia de datos	Significado
0xEE	Byte del encabezado
0x13	Un bloque, por ejemplo 3 canales
0xA9	Acc Y Byte más bajo
0xEA	Acc Y Byte más alto
0x46	Acc X Byte más bajo
0xC9	Acc X Byte más alto
0x01	Recuento de rotación del impulsor
0xEE	Byte del encabezado
0x14	Un bloque, por ejemplo 4 canales
0xA9	Acc Y Byte más bajo
0xEA	Acc Y Byte más alto
0x46	Acc X Byte más bajo
0xC9	Acc X Byte más alto
0x01	Recuento de rotación del impulsor
0x02	Recuento de frecuencia cardíaca

Una unidad única puede utilizarse para cada miembro de la tripulación o las líneas de la frecuencia cardíaca para cada miembro de la tripulación pueden incluirse con los datos del acelerómetro y velocidad para proporcionar un conjunto compuesto de datos. En una embarcación con varios miembros de la tripulación, cada miembro tiene un receptor a una distancia de hasta 2 pies que recoge la señal de la frecuencia cardíaca desde el monitor de frecuencia cardíaca polar sujeto a cada miembro de la tripulación. Cada monitor de frecuencia cardíaca transmite una señal con codificación única que se asigna a cada miembro de la tripulación. El registrador de datos de la embarcación recibe las señales de frecuencia cardíaca de todos los miembros de la tripulación por cable desde los receptores de la frecuencia cardíaca.

Una unidad GPS puede integrarse con el sistema registrador de datos. Esto podría comprender dos unidades, una unidad básica más una segunda unidad para GPS. Las unidades compartirían la misma línea de serie y se comunican usando un protocolo de red. Alternativamente, la unidad GPS podría conectarse a la unidad básica y un código de firmware adicional añadirse para recibir y transmitir datos.

Los sistemas de navegación inerciales (INS) pueden utilizarse para cubrir los huecos de información de las desconexiones del GPS. Cuando se utiliza el enfoque INS en el remo, los sensores requeridos deben ser pequeños, ligeros, discretos e inexpresivos. Estos requisitos pueden satisfacerse cuando los sensores se fabrican con tecnología MEMS. Sin embargo, debido a las desviaciones intrínsecas y a los errores de deriva de los acelerómetros y giroscópicos, la precisión de los actuales sensores MEMS más modernos debe tenerse en cuenta para el seguimiento de alta precisión en el remo. El procedimiento básico en los sistemas de posicionamiento INS es procesar los datos del sensor inercial. La doble integración de las mediciones de aceleración, no puede aplicarse debido a la precisión más baja de los sensores MEMS. Esto es debido a que en la doble integración, los errores se acumulan rápidamente, lo que pronto resulta en errores de velocidad comparables a las velocidades típicas en el remo. Sin embargo, las ventajas del sistema INS incluyen su bajo coste y alta tasa de producción de información del movimiento.

El sistema GPS de alta precisión puede proporcionar información de la velocidad y aceleración de alta precisión (la aceleración es la primera derivativa de la velocidad y una segunda derivativa del desplazamiento). Sin embargo, el sistema GPS es normalmente voluminoso, caro y proporciona una tasa de resultados baja y un alto consumo de energía. Para resolver estos problemas, un sistema integrado aprovecha los sensores GPS y MEMS de bajo coste para proporcionar capacidades de alto rendimiento. Los sensores MEMS se utilizan para proporcionar una tasa precisa y alta (digamos 200Hz), posicionamiento geográfico de bajo coste, bajo volumen, baja energía, robusto y

fiable, mientras que el GPS de bajo coste se utiliza para la calibración del sistema de alta frecuencia (digamos 5-20 Hz). Combina mediciones de un tablero GPS OEM y por tanto un chip GPS con unidades de medición inerciales a partir de una combinación de tres giroscopios y acelerómetros MEMS (digamos Dispositivos analógicos).

5 Un receptor GPS de 1 Hz es la frecuencia mínima que es práctica e idealmente se prefiere un sistema de 2 a 5 Hz. Con un receptor de 1 Hz, las mediciones de velocidad y distancia precisas pueden obtenerse, pero se necesita muestrear los datos del acelerómetro para obtener la frecuencia de carrera y las características intra carrera. Los datos del acelerómetro podrían integrarse para obtener la velocidad intra carrera, pero debería comprobarse la deriva cada segundo usando el resultado del receptor GPS.

10 El procedimiento de suavizado del portador se utilizará para mejorar la precisión de las mediciones del rango pseudo GPS de bajo coste. El suavizado de la fase portadora es un proceso por el que las mediciones de pseudo rango absolutas pero ruidosas se combinan con las mediciones de fase de portador precisas pero ambiguas para obtener una buena solución con el ruido intrínseco en el seguimiento pseudo de pseudo rango a través de un proceso de promedio sopesado. Un sistema de filtrado Kalman se designará para integrar las dos mediciones del sistema.

La Figura 3 presenta las señales de la carrera capturadas usando receptores GPS de tipo geodésico y el procesamiento con la técnica GPS diferencial cinemática. Se ha demostrado que las señales capturadas proporcionan una imagen clara de las fases de la carrera de remo como se ha descrito anteriormente. En esta
20 carrera concreta, el gráfico indica que el remador tiene un problema a la hora de armonizar su ciclo de carrera usando demasiado tiempo en la captura en vez de en la tracción.

El software puede mostrar la información derivada en una pantalla de ordenador, y combinarla con datos de vídeo del mismo evento, como se ilustra en la figura 4. La pantalla puede mostrar la información del tiempo y la distancia,
25 además de la velocidad y la frecuencia de carrera, y puede mostrar también las señales gráficas derivadas de las señales del acelerómetro y del GPS.

Para evaluar la precisión del receptor de la fase portadora, se montaron dos receptores GPS en la misma embarcación de remo simultáneamente. La estación base se ubica en la ribera del río que está a unos 1~2km del
30 curso de la embarcación. Las soluciones de referencia de cada una de las antenas de remo se procesaron independientemente desde la estación base usando la técnica PPK. La longitud de referencia independiente entre los dos receptores itinerantes se calculó y comparó con el resultado medido usando una cinta de prospección. Esta longitud de referencia se considera como una "verdad terreno" (3,57 m en nuestro caso).

35 Se ha demostrado que el GPS RTK puede proporcionar un posicionamiento de alta precisión en un entorno pluvial. Sin embargo, hay un número de factores que deben tenerse en cuenta:

- Efectos de multi ruta: La antena posicionada cerca de la superficie del agua podría potencialmente ser propensa a grandes errores multi ruta. Este efecto puede ser de hasta 5 cm para el portador y 5 m para las mediciones del
40 código respectivamente.

- Obstrucción de señal/ visibilidad del satélite: La antena GPS se instala en un espacio angosto en una embarcación de carreras, y por tanto es inevitable que el movimiento del atleta bloquee las señales GPS en algún momento a un ángulo de elevación de aproximadamente 70 grados. Esto puede causar potencialmente problemas de obstrucción de la señal y pérdida de las soluciones GPS.

- Intrusión: Idealmente, la presencia de un instrumento no debería causar un impacto visual o físico en el atleta, por tanto el tamaño y altura de la antena es una consideración importante.

Se utilizan una "longitud de referencia fija" y métodos de comprobación externos. Se requiere un montaje fiable del receptor GPS. Si asumimos que la precisión de la posición a un explorador GPS es la misma que la otra, entonces a
50 partir de una sencilla ley de propagación de errores (Ajuste de mínimos cuadrados), la precisión de la posición de la medición GPS cinemática (para una referencia mínima) puede estimarse a 0,0027m (0,0038m/sqrt(2)). Una precisión de unos milímetros de la altura del río se consiguió en una prueba de tres días (consecutivos). Dada la cercanía de la antena y la naturaleza reflectante de la superficie del agua, el rendimiento del GPS PPK presenta resultados consistentes.

55 La velocidad determinada a partir de la posición del GPS y de la información del tiempo utiliza el siguiente procedimiento de referencia central de primer orden.

$$\text{Velocidad}(v_T) = \frac{P(T + \Delta T) - P(T - \Delta T)}{2\Delta T} = \frac{\Delta P}{2\Delta T}$$

donde v_T es la velocidad de la embarcación (en el tiempo T) determinado a partir de la solución GPS PPK, $\Delta P = P(T + \Delta T) - P(T - \Delta T)$ es la distancia de plano recorrida entre el tiempo T_1 y T_2 y $\Delta T = T_2 - T_1$.

5

$$\Delta P = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (E_2 - E_1)^2}$$

donde E y N son las coordenadas del este y del norte de las unidades GPS. Los subíndices "1" y "2" indican que la posición se derivó de la unidad 2 y 1 respectivamente. La precisión de la velocidad (σ_v), puede estimarse aproximadamente mediante la siguiente fórmula (usando la ley de propagación de errores):

$$\sigma_v = \frac{1}{\sqrt{2\Delta T}} \sigma_P = \frac{1}{\sqrt{2} \times 0,1} \cdot 0,0027 \approx 0,02 \text{ m/s}$$

Donde σ_P es la precisión posicional y $\sigma_P = 0,0027\text{m}$ como se determinó previamente.

15

La Figura 5 muestra las diferencias en velocidad determinadas simultáneamente a partir del código y de las mediciones del portador. Asumiendo que la velocidad del portador sea precisa (es decir, la verdad terreno), la velocidad derivada del código tiene una precisión media en el orden de $\sim 0,03$ m/s. Los resultados confirman que la precisión de 0,1 m/seg alegada por el fabricante es correcta para más del 95% de las observaciones.

20

El montaje del registrador de datos se instala en el casco de la embarcación de remo en una ubicación estable con una vista relativamente clara del cielo. El movimiento relativo del atleta o de la embarcación se mide utilizando un acelerómetro tridimensional a 100 Hz y la posición y la velocidad utilizando un GPS a 10Hz. El dispositivo suministra información de los tiempos con las señales medidas usando un reloj de cristal corregido interno y un GPS derivó un impulso de 1 Hz. El tiempo es preciso a 0,1 seg. por hora. Una recogida interna del monitor de la frecuencia cardíaca recibe impulsos a partir de un monitor/transmisor polar codificado de la frecuencia cardíaca y almacena estos con una resolución de 1 latido por minuto en un intervalo de 0 a 250 latidos/minuto actualizado a 1 Hz. El dispositivo está alimentado por una batería sellada en la unidad y es recargable mediante un puerto RS232. La vida de la batería en grabación es de 6 horas y de un mes en modo de suspensión. El puerto universal individual permite la recarga, la conexión con un módulo RF, la conexión con una antena GPS externa, la conexión con el receptor externo de la frecuencia cardíaca y conectarse a un cable de serie para enviar datos al dispositivo portátil. El dispositivo puede instalarse en un paquete flexible de un tamaño aproximado de 100mm x 70mm x 50mm y que pese menos de 250g y que flote y sea resistente al agua. El paquete será de color para reducir el calentamiento provocado por la luz solar.

35

Una pantalla se monta en el agua en una carcasa impermeable en una ubicación visible de forma que el atleta pueda ver una información resumida como la distancia de la velocidad de carrera y la frecuencia cardíaca. Un botón fácilmente accesible en la unidad de visualización inicia el registro de datos. Tan pronto como se encienda el dispositivo, comenzará el registro. El entrenador puede llevarse el dispositivo tras el evento y cargar los datos en un ordenador personal para ver los datos gráficamente o combinarlos de forma sincronizada con la grabación en vídeo.

40

Para el atletismo, el dispositivo se conecta a un atleta en la parte baja de la espalda. Una antena de extensión GPS va desde el dispositivo a los hombros.

45 Un módulo RF permite que los datos en tiempo real se transmitan al PC inalámbrico del entrenador mediante una conexión Bluetooth. Alternativamente, los datos pueden simplemente subirse tras el evento.

Aquellos expertos en la técnica se darán cuenta de que la invención puede implementarse en una variedad de realizaciones, dependiendo de la embarcación utilizada y el número de personas en la misma. También pueden utilizarse diferentes sensores para recopilar los datos aplicables al evento y a la embarcación. También se apreciará que la unidad registradora es pequeña y lo suficientemente adaptable para sujetarse a cualquier atleta o equipo deportivo, donde los datos del acelerómetro proporcionan información útil sobre el rendimiento para entrenadores y atletas. Se incluyen el atletismo, natación, deportes en equipo, como diferentes tipos de fútbol, ciclismo y esquí.

50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la adquisición de datos para su uso en eventos deportivos que incorpora:
 - 5 un sensor de posición global para obtener datos de posicionamiento tridimensionales relativos a un tiempo transcurrido;
 - al menos un acelerómetro para obtener datos de aceleración y velocidad;
 - un microcontrolador con un reloj para interrogar el sensor de posición global y para medir los datos del acelerómetro;
 - una fuente de alimentación;
 - 10 un dispositivo informático; y
 - un medio de comunicación para la transmisión de los datos de posición global y del acelerómetro desde el microcontrolador al dispositivo informático;
 - el dispositivo informático estando programado para usar los datos de posición global y del acelerómetro para proporcionar un resultado preciso y continuo de los parámetros del movimiento como la velocidad, aceleración y
 - 15 distancia recorrida, donde el al menos un acelerómetro se adapta para obtener datos de aceleración y velocidad en tres dimensiones, y donde el sistema se adapta para muestrear los datos del acelerómetro para obtener características de movimiento del deporte monitorizado.
2. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en la reivindicación 1, donde el reloj es
20 para interrogar el sensor de posición global a una frecuencia de al menos 1 Hz.
3. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en las reivindicación 1 o 2, donde la transmisión es una transmisión inalámbrica y el dispositivo informático es un dispositivo informático remoto.
- 25 4. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en la reivindicación 1, 2 o 3 en el cual la velocidad se obtiene del sensor de posición global.
5. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde los datos del acelerómetro se integran para obtener las características del movimiento
30 relacionadas con la velocidad y la deriva se comprueba cada segundo usando el resultado del sensor de posición global.
6. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes donde un sistema de navegación inercial basado en los datos del acelerómetro se utiliza para
35 determinar la posición cuando el sistema GPS no puede recibir datos.
7. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes que también incluye un sensor fisiológico.
- 40 8. Un sistema para la adquisición de datos como el reivindicado en la reivindicación 7, en el cual el sensor fisiológico es un monitor de la frecuencia cardíaca.

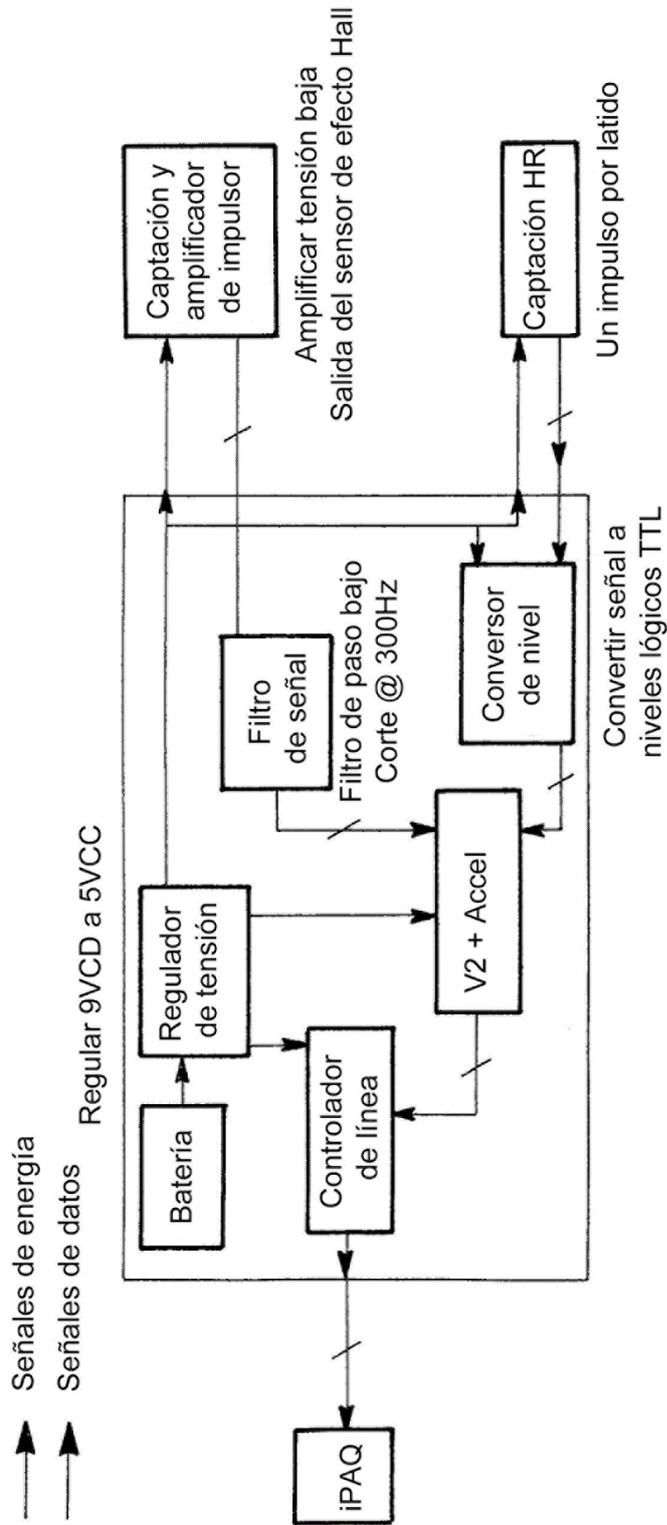


FIG.1.

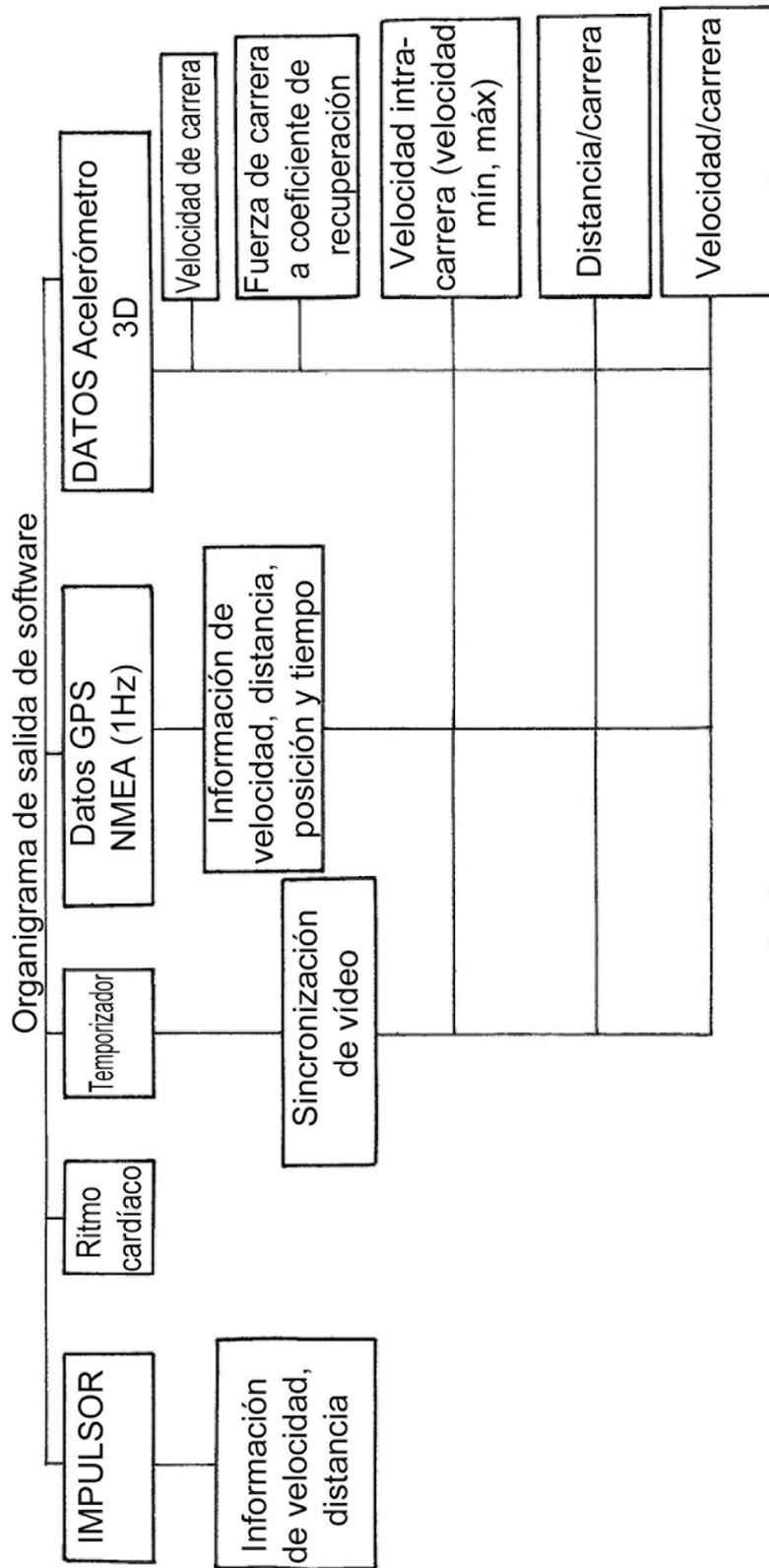


FIG.2.

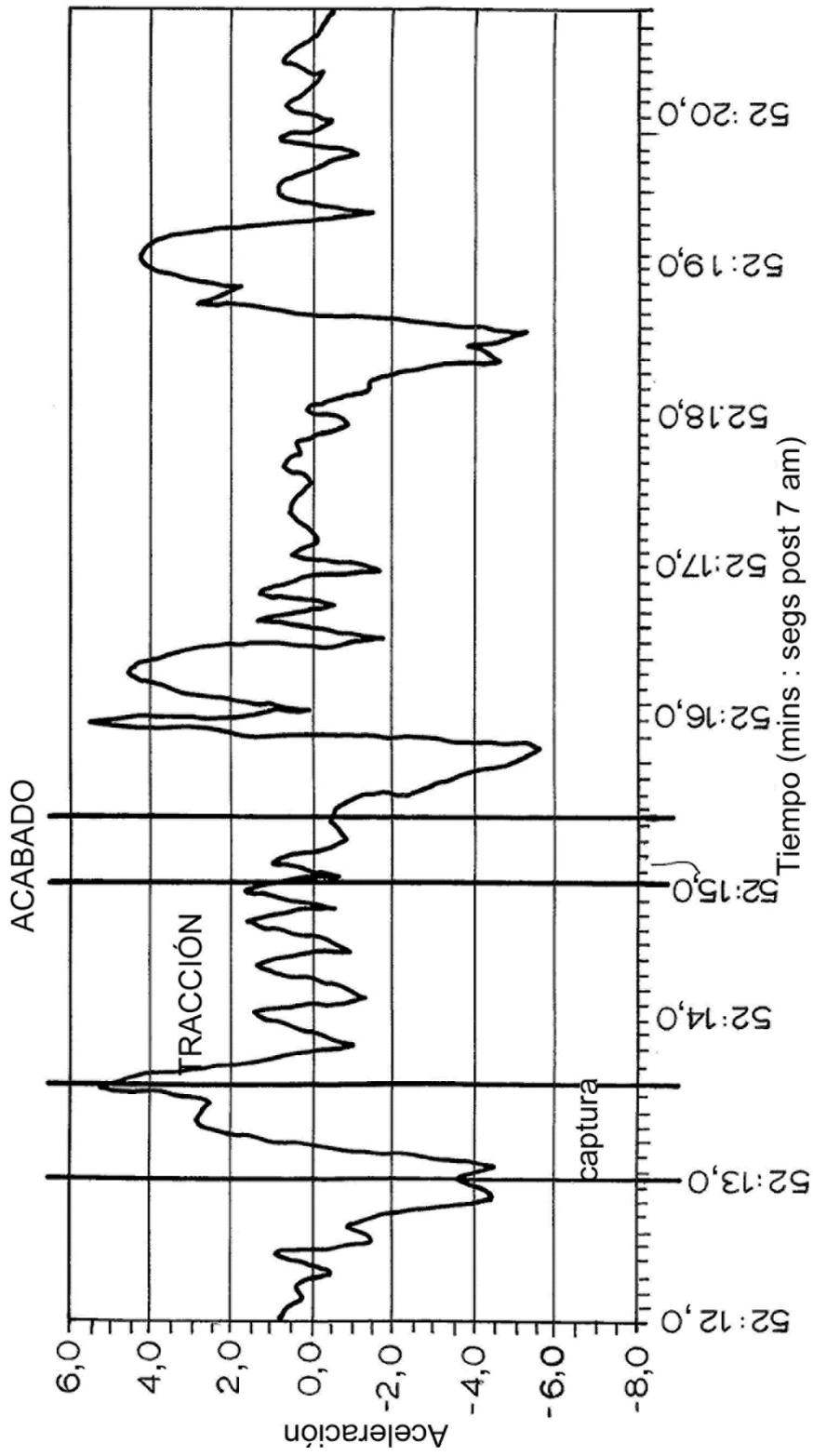
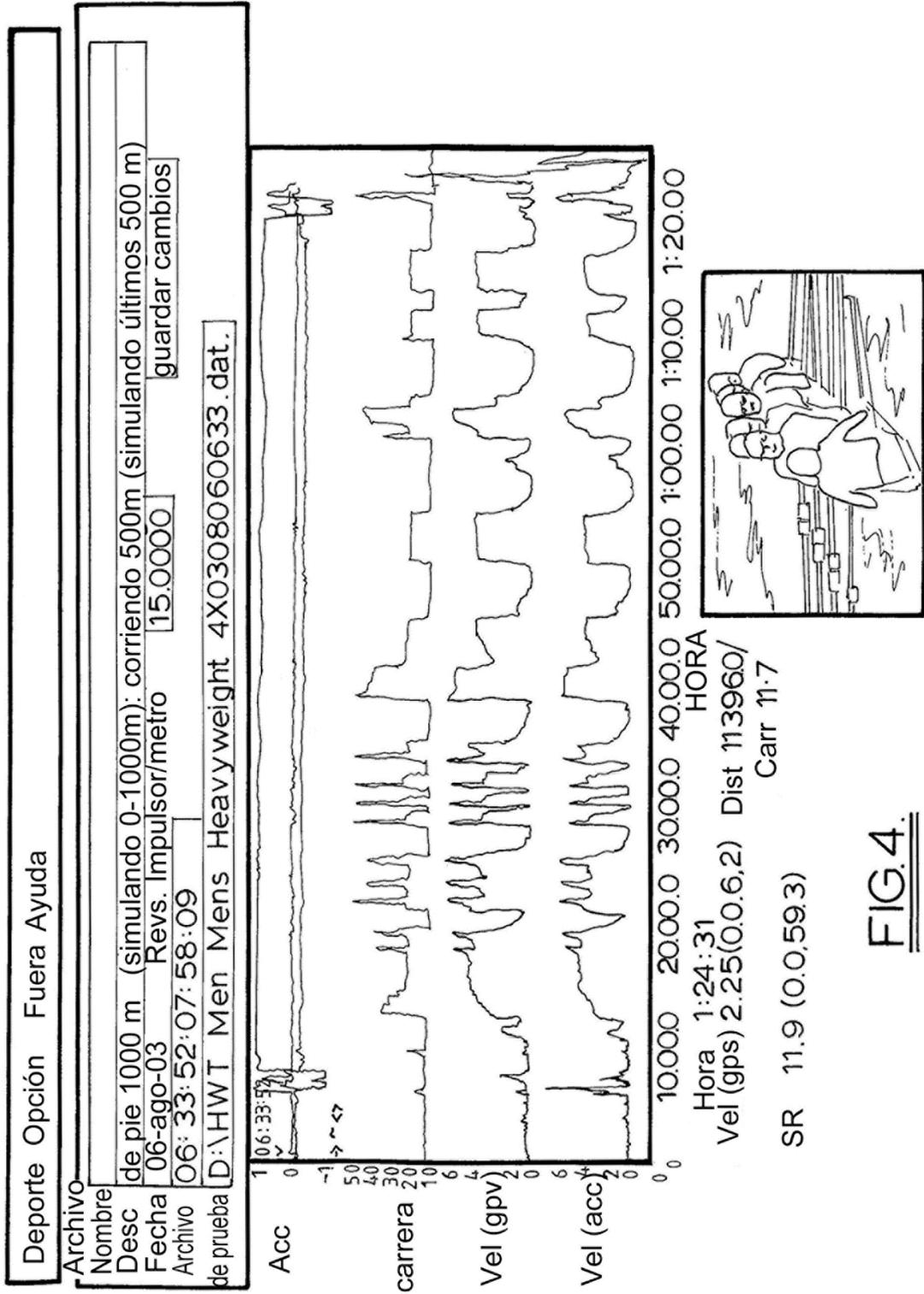


FIG.3.



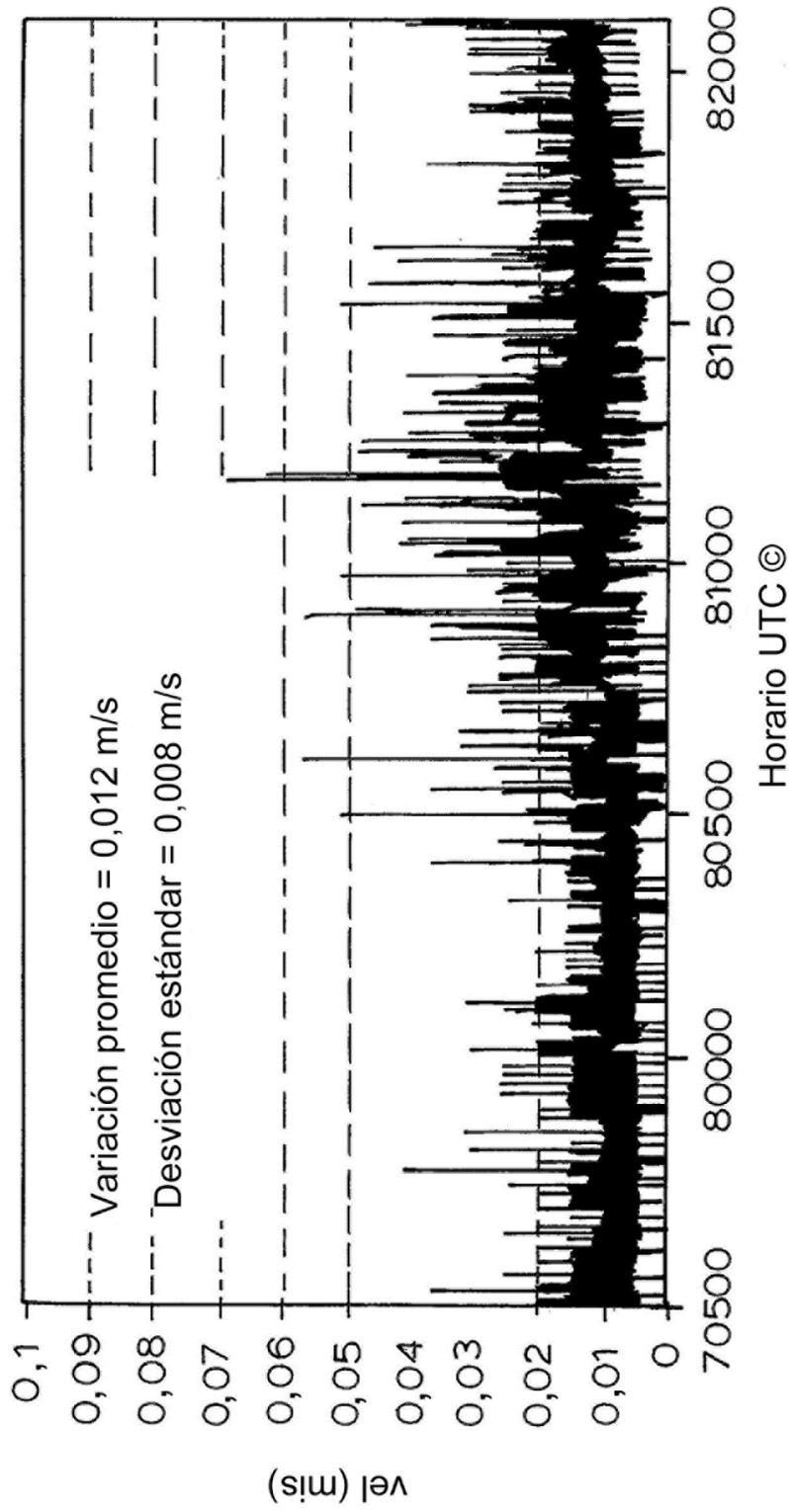


FIG. 5.