

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 053**

21 Número de solicitud: 201500681

51 Int. Cl.:

G06F 3/02 (2006.01)

A61F 4/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

10.09.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

10.03.2017

Fecha de concesión:

12.12.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

19.12.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)
Secretariado de Transferencia de Conocimiento y
Emprendimiento, Pabellón de Brasil, Paseo de
las Delicias s/n
41013 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**MOLINA CANTERO, Alberto Jesús;
GÓMEZ GONZÁLEZ, Isabel María;
CABRERA CABRERA, Rafael;
MERINO MONGE, Manuel;
GUERRERO CUBERO, Jaime y
LÓPEZ ÁLVAREZ, Setefilla**

54 Título: **Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad**

57 Resumen:

La presente invención tiene por objeto un sistema para la detección de movimientos voluntarios leves en personas con discapacidad y, con ello, facilitar su acceso al ordenador. La invención incluye una parte hardware, necesaria para la adquisición y filtrado de las señales procedentes de los sensores, y un algoritmo inteligente que permite la detección del movimiento y adaptarse a la intensidad con el que el usuario lo lleva a cabo. La invención puede trabajar con sensores situados en diferentes partes del cuerpo: cabeza, mano, pierna y brazo, adecuándose al movimiento del discapacitado.

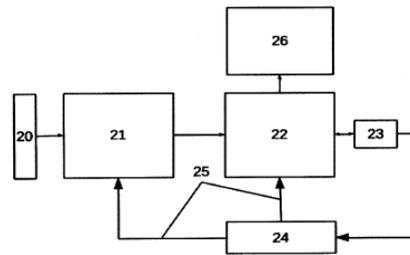


Figura 1

ES 2 605 053 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad.

5 Objeto de la invención

La presente invención tiene por objeto una sistema de detección de movimientos voluntarios leves en personas con discapacidad y, con ello, facilitar su acceso al ordenador. La invención incluye una parte hardware, necesaria para la adquisición y filtrado de las señales procedentes de los sensores que detectan el movimiento, y un algoritmo inteligente que permite la detección del mismo y la capacidad de ir ajustándose progresivamente a la intensidad con el que el usuario lo lleva a cabo. La invención puede trabajar con sensores situados en diferentes partes del cuerpo: cabeza, mano, pierna y brazo, adecuándose al movimiento residual del discapacitado.

15

Estado de la técnica

A continuación se detallan los productos y estudios encontrados que hacen uso de estas tecnologías. La revisión se centra en aquellos sistemas que utilizan sensores inerciales y flexómetros para captar movimientos voluntarios de los sujetos y utilizar esta información con distintos objetivos. También, al final de la sección se han incluido los resultados de la búsqueda en base de datos de patentes que pudieran estar relacionadas con la presente invención.

20

Se encuentran dos líneas principales de trabajos basados en sensores inerciales. En una de ellas el uso de los mismos permite valorar la actividad física de los sujetos con distintas finalidades: en [1] se utilizan para evaluar la habilidad locomotora de sujetos en edad infantil; en [2] se diseña un sistema de rastreo de ángulos de las articulaciones; en [3] se valora el uso de la extremidades tras un accidente y en [4] la actividad de un brazo tras un ictus, en [5] se mide la actividad física en niños afectados con parálisis cerebral.

25

30

La otra posibilidad es que formen parte de sistemas de acceso tanto al ordenador como a otros dispositivos tecnológicos. Así en [6] un sistema que rastrea el movimiento de la cabeza y lo traduce en eventos de ratón (movimiento del cursor) se prueba en niños con parálisis cerebral, la forma de trabajar es continua y se demuestra que ante las dificultades motrices, los sujetos no tienen la suficiente precisión para situar el cursor en el lugar correcto aunque sí en las proximidades. En [7] el dispositivo se basa en movimientos de la mano (arriba, abajo, derecha e izquierda) y la traducción de los mismos permite controlar el mando de un televisor; aunque son movimientos fáciles para una persona sana, puede llegar a ser bastante costoso que una persona con dificultad motriz tenga la suficiente precisión para que se distingan las 4 direcciones del movimiento, en cualquier caso en este sistema no se ha probado con este tipo de usuario.

35

40

El flexómetro también puede ser utilizado para captar movimientos voluntarios que no impliquen mucho esfuerzo en personas con dificultad motriz. Detectan las flexiones que el movimiento produce en la articulación, doblan el material del que están compuestos y eso produce variaciones en el voltaje dependiendo del ángulo de doblez.

45

En muchos de los sistemas revisados, estos sensores son incorporados en guantes, detectando de esta forma el movimiento de los dedos [8, 9, 10, 11, 12, 13]. Los sistemas

50

descritos en estos trabajos, reconocen gestos muy precisos de los dedos, en algunos casos destinados a la traducción del lenguaje de signos, es evidente que no sería posible su uso por personas con dificultad motriz. El sistema planteado en [14] combina sensores para detectar movimientos oculares basados en la señal de Electrooculografía (EOG) con flexómetros, los movimientos propuestos para la mano son estirar un dedo o un conjunto de dedos desde su posición doblada, no se requieren movimientos tan complejos como en los trabajos anteriores pero siguen siendo difíciles de llevar a cabo para personas con discapacidad.

10 En el caso que nos ocupa se desea un sistema flexible y adaptable que permita a las personas con dificultades motrices controlar el ordenador.

Flexible quiere decir que el diseño del hardware y el software necesario debe ser válido independientemente del sensor utilizado para detectar el movimiento. Por ello la arquitectura se organiza en niveles, porque de esta forma, sólo será necesario modificar aquel nivel afectado por los cambios, dejando los demás intactos. En la literatura existen pocos sistemas organizados de esta forma. Uno de ellos es el que se propone en [15] donde los autores proponen una arquitectura en niveles que detecta parpadeos guiños y pestañeos o movimientos de cabeza basándose en luz infrarroja, la señal es procesada en distintos niveles, generando como resultado final un click de ratón por cada acción voluntaria del sujeto. En [12] la arquitectura posee dos niveles, uno de ellos es de segmentación que sirve para separar la señal en movimiento o reposo, el segundo es un nivel de clasificación que asigna un carácter a cada tipo de segmento de movimiento.

25 Adaptable es que el sistema debe ser usable y no requerir mucho esfuerzo en su manejo además de minimizar los errores, el procesamiento en diversas etapas permitirá el filtrado de movimientos involuntarios consiguiendo este objetivo. Además es deseable que trabaje de forma discreta, un movimiento debe ser traducido a un único evento como puede ser por ejemplo la pulsación de una tecla.

30 Resultados de la búsqueda:

De los documentos encontrados, existen dos basados en sistemas inerciales [16, 23]. En ambas invenciones se pretende el control de un cursor de un ordenador mediante movimientos de cabeza. En el mismo sentido, pero con otro tipo de tecnología, la patente [19] se basa en procesamiento de imágenes para transformar los movimientos de cabeza en eventos de ratón. En el documento [20] se propone un método para manipulación de un ratón para amputados basado en la detección del movimiento del miembro amputado mediante el procesamiento de imágenes. Basados en emisores ópticos, en la patente [22], se detecta el movimiento de la cabeza para traducirla, de nuevo, a movimientos de ratón. Existen adaptaciones patentadas que permiten al discapacitado utilizar el ratón [17, 21], pero requieren cierta habilidad manual. En resumen, las patentes revisadas hasta este momento, requieren que el sujeto tenga el suficiente control de los movimientos de cabeza o extremidad como para mover con cierta precisión el cursor por la pantalla del ordenador. Es casi imposible el uso de estos sistemas por las personas que son los potenciales usuarios de la presente invención.

La patente [18] introduce, en un sentido similar, un interfaz flexible que permite la inclusión de múltiples sensores, fundamentalmente aquellos basados en la detección del movimiento de la lengua, pero también voz, control del diafragma y de los movimientos de cabeza. El tipo de sensores usados, junto con el hecho de las zonas del cuerpo

utilizadas para la detección del movimiento y la habilidad comunicativa del potencial usuario, lo diferencian de la presente invención.

Referencias

- 5
- [1] Ilaria Masci, Giuseppe Vannozzi, Elena Bergamini, Caterina Pesce, Nancy Getchell, and Aurelio Cappozzo. Assessing locomotor skills development in childhood using wearable inertial sensor devices: the running paradigm. *Gait and Postura*, 37(4):570 -574, 2013.
- 10
- [2] M. El-Gohary and James McNames. Shoulder and elbow joint angle tracking with inertial sensors. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 59(9):2635-2641, Sept 2012.
- 15
- [3] Wendy J. Hurd, Melissa M. Morrow, and Kenton R. Kaufman. Triaxial accelerometer analysis techniques for evaluating functional use of the extremities. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(4):924 -929, 2013.
- 20
- [4] Sanne C. van der Pas, Jeanine A. Verbunt, Dorien E. Breukelaar, Rachma van Woerden, and Henk A. Seelen. Assessment of arm activity using triaxial accelerometry in patients with a stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(9): 1437 -1442, 2011.
- 25
- [5] Catherine M. Capio, Cindy H. Sit, and Bruce Abernethy. Physical activity measurement using fMTig (actigraph) among children with cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(8):1283 -1290, 2010.
- 30
- [6] R. Raya, J.O. Roa, E. Rocen, R. Ceres, and J. L. Pons. Wearable inertial mouse for children with physical and cognitive impairments. *Sensors and Actuators A: Physical*, 162(2):248 -259, 2010. *EuroSensors XXIII*, 2009.
- 35
- [7] Juhi Ranjan, H. Shah, S. Joshi, B. Chokhra, and P. Ranjan. Rf-cepai: A universal remote control based on mems accelerometer. In *Wireless Communication and Sensor Networks (WCSN)*, 2010 Sixth International Conference on, páginas 1-6, Dec 2010.
- 40
- [8] Nattapong Tongrod, Teerakiat Kerdcharoen, Natthapol Watthanawisuth, and Adisorn Tuantranont. A low-cost data-glove for human computer interaction based on inkjet printed sensors and zigbee networks. In *ISWC*, páginas 1-2, 2010.
- 45
- [9] A. Tognetti, N. Carbonare, G. Zupone, and D. De Rossi. Characterization of a novel data glove based on textile integrated sensors. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE*, pages 2510-2513, Aug 2006.
- 50
- [10] N. Tanyawiwat and S. Thiemjarus. Design of an assistive communication glove using combined sensory channels. In *Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, 2012 Ninth International Conference on, páginas 34-39, May 2012.
- [11] A. Nelson, J. Schmandt, W. Wilkins, J.P. Parkerson, and N. Banerjee. System support for micro harvester powered mobile sensing. In *Real-Time Systems Symposium (RTSS)*, 2013 IEEE 34th, páginas 258-267, Dec 2013.

[12] A. Ibarra, I. Maurtua, and B. Sierra. Layered architecture for real time sign recognition: Hand gesture and movement. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 23(7):1216-1228, 2010.

5 [13] Nazrul H. Adnan, Khairunizam Wan, A.B. Shahrman, S.K Zaaba, Shafriza nisha Basah, Zuradzman M. Razlan, D. Hazry, M. Nasir Ayob, M. Nor Rudzuan, and Azri A. Aziz. Measurement of the flexible bending force of the index and middle fingers for virtual interaction. Procedia Engineering, 41 (0):388 - 394, 2012. International Symposium on
10 Robotics and Intelligent Sensors 2012 (IRIS 2012).

[14] A. Nelson, J. Schmandt, P. Shyamkumar, W. Wilkins, D. Lachut, N. Banerjee, S. Rollins, J. Parkerson, and V. Varadan Wearable multi-sensor gesture recognition for paralysis patients. In SENSORS, 2013 IEEE, páginas 1-4, Nov 2013.

15 [15] A. Molina, I. Gómez, O. Rivera, and M. Merino. A flexible, open, multimodal system of computer control based on infrared light. Int. J Latest Trends Computing, 2011.

[16] Patent Number: DE102012018494. Controller for use by disabled people for head
20 controlling of computer mouse cursor, has sensors provided in holder, directly measuring head movements, stimulated by head movements, and connected with computer via cable.

[17] Patent Number: US2014043235. Computer mouse oriented to disabled people or with
25 movement disorders.

[18] Patent Number: US2013090931. Multimodal communication system.

[19] Patent Number: CN101697199. Detection method of head-face gesture and disabled
30 assisting system using same to manipulate computer.

[20] Patent Number: KR20080063904. Computer interface apparatus and method for the
limb disabled.

[21] Patent Number: US6369799. Computer pointer device for handicapped persons.

[22] Patent Number: GB2329954. Head-mounted pointing device for computers.

[23] Patent Number: US4862172. Computer control apparatus including a gravity
40 referenced inclinometer.

Descripción de la invención

La presente invención muestra un sistema que permite detectar el movimiento voluntario
45 leve que se produzca en diferentes partes del cuerpo, mediante la utilización de sensores de detección de flexión y acelerómetros debidamente posicionados. La invención está compuesta principalmente por un sistema basado en un microprocesador, que aloja el algoritmo que, de forma adaptativa, permite reconocer los movimientos voluntarios del sujeto, los cuales pueden variar en intensidad a lo largo del tiempo y un circuito de traducción de señales, que adapta las señales de los sensores para su posterior
50 digitalización.

Las tres secciones principales que componen el sistema son:

1. Hardware

5 En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del hardware de la invención. Está formado por los siguientes bloques: bloque procesador (22), bloque de adquisición (21) y circuito de alimentación (24); conector para los sensores (20); conector USB (23) que establece el interfaz con el ordenador para el envío y recepción de datos; e interfaz visual y sonora (26).

10 El bloque procesador (22), contiene cualquier sistema digital con capacidad de ejecutar el algoritmo, que se describirá posteriormente, y con los siguientes requisitos hardware: Frecuencia de reloj de al menos 20Mhz y 20MIPS, convertidor analógico digital con al menos 4 canales, interfaz USB, 2 puertos digitales de entrada/salida.

15 El bloque de adquisición (21) se muestra en la figura 2 y su función es la de adaptar la señal procedente de los sensores, a los niveles de voltaje adecuados para la conversión digital en el bloque procesador (22). Podemos encontrar dos partes bien diferenciadas: subbloque acelerómetro (16) y subbloque flexómetro (19). El subbloque acelerómetro (16) recibe las tres señales procedentes del acelerómetro a través del conector (11) y que se distribuyen mediante las líneas (12) en estructuras de amplificación y filtrado (13). Cada una de estas estructuras poseen un amplificador de ganancia ajustable (14) y un filtro paso de baja (15) que permite eliminar las frecuencias más altas de la señal y, así, evitar el aliasing. El subbloque flexómetro (19) básicamente está organizado de forma similar. Contiene un conector para flexómetro (17), seguido de una resistencia (18) conectada a alimentación, que actúa como divisor de tensión, cuyo resultado se envía a una estructura de amplificación y filtrado (13).

30 Las líneas de alimentación para los bloques procesador y adquisición (25) proceden del circuito de alimentación (24) que, a su vez, recibe su entrada del conector USB (23). Dicho circuito de alimentación (24) contiene, básicamente, un regulador de tensión que permite adaptar los 5V de entrada a la tensión de alimentación de los circuitos que componen el hardware.

35 La interfaz visual y sonora (26) dispone de al menos un led y un elemento sonoro conectados a las salidas digitales del procesador. Su función es la de señalar la detección de un movimiento que haya realizado el usuario del sistema.

2. Software

40 La figura 3 muestra el diagrama de bloques de la arquitectura software propuesta en esta invención. Los datos siguen un flujo de abajo hacia arriba, empezando por el usuario (8) y finalizando en el ordenador (9). Entre cada uno de los bloques existen colas (6) de almacenamiento temporal de datos. Un gestor (7) de aplicaciones se encarga de ejecutar concurrentemente todos los bloques (1-5).

50 El bloque de controladores (1), se encarga de independizar el algoritmo del tipo de hardware utilizado. Contiene el conjunto de rutinas que permite la lectura de datos brutos del convertidor analógico digital a una frecuencia de muestreo, F_s , determinada. Dichos datos brutos se convierten a los formatos numéricos habituales añadiéndoles una etiqueta identificativa del canal de procedencia del convertidor analógico digital. El flujo

de datos hacia el bloque de filtrado (2) contiene tres subflujos en el caso de que el sensor sea el acelerómetro. Cada subflujo está asociado con uno de los tres canales del acelerómetro.

5 El bloque de filtrado (2), recibe el flujo de datos desde el bloque de controladores (1), le aplica un filtrado paso de baja, para suavizar la señal, y un diezmado de factor D para reducir la tasa de muestreo y relajar las exigencias del hardware. En el caso del acelerómetro, el filtrado se aplica a cada uno de los subflujos existentes, y, por consiguiente, genera tres subflujos de salida hacia el bloque superior.

10 El bloque de derivación (3), recibe el flujo (o subflujos) del bloque de filtrado, y a cada uno, le aplica un filtro de Savitzky-Golay para determinar las pendientes de la señal, como forma de estimación de la velocidad del movimiento. Este bloque sólo genera un flujo de salida con el valor absoluto de dicha velocidad. En el caso de que el sensor sea el acelerómetro, existen tres subflujos de velocidades (para cada uno de los canales) que finalmente se combinan, mediante la Ecuación 1, para generar un único flujo saliente.

$$v = \frac{|v_x| + |v_y| + |v_z|}{3} \quad \text{Ecuación 1}$$

20 El bloque de clasificación (4), recibe un flujo entrante con los valores del valor absoluto de la velocidad de movimiento y realiza un etiquetado de cada muestra en tres clases distintas: reposo, movimiento lento, movimiento rápido. El algoritmo de clasificación no es supervisado y similar al k-means, a excepción que el centroide asociado al movimiento rápido también se actualiza cuando una muestra se ha clasificado como movimiento lento. Para que la clasificación se adapte rápidamente a la dinámica del usuario, sólo se utiliza una ventana de las últimas muestras para actualizar los centroides. Éstas diferencias otorgan una alta adaptabilidad al algoritmo.

30 El bloque de máquina de estados finitos (5), recibe el flujo de datos etiquetados y genera el evento hacia el ordenador. Consta de dos estados: estado de reposo (40) y estado de movimiento (41) que se alcanza cuando se recibe una muestra etiquetada como movimiento rápido. En la transición desde el estado de reposo (40) al de movimiento (41) se ha producido una detección del movimiento (44) y el envío de un evento al computador (43). En paralelo con la detección de movimiento (44) se arranca un temporizador. El fin del temporizador (42) marca el momento de abandonar el estado de movimiento (41) y regresar al de reposo. Dicho temporizador no requiere de un hardware específico, pues las muestras se suministran a este bloque con una periodicidad conocida y, por consiguiente, un contador software es suficiente para establecer el período estipulado o intervalo t_f . El número N_f de pasos de contador viene estimado por la Ecuación 2, donde la función **Ceil()** representa el entero mayor del argumento, F_s la frecuencia de muestreo expresada en hercios; D, el factor de diezmado; y t_f el intervalo de tiempo expresado en segundos

$$N_f = \text{Ceil}\left(\frac{F_s \times t_f}{D}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

45 El Gestor (7) es responsable de ejecutar cada uno de los bloques constituyentes de la arquitectura software cuando sea preciso, gestiona las colas (6), controla la generación de la señal audiovisual y dispone del conjunto de rutinas necesarias para como un ratón estándar durante el proceso de enumeración del protocolo USB. Cada vez que el bloque

máquina de estados determine que se ha generado un movimiento, el gestor envía un comando de pulsación del botón izquierdo del ratón hacia el ordenador.

3. Montaje

5

Los sensores pueden acoplarse a diferentes partes del cuerpo y, así, detectar el movimiento que el discapacitado pueda ejecutar. Para ello se propone el uso de diversas prendas deportivas. Una cinta para la cabeza (50) puede usarse para acoplar el acelerómetro en ella y, con ello, medir los movimientos de cabeza. Un guante (51) puede

10 alojar tanto el acelerómetro como diferentes flexómetros para detectar el movimiento de la mano o la flexión-extensión de los dedos. Un brazalete o rodillera (52) extiende la detección de movimientos a brazos y piernas, incluyendo la detección de su flexión-extensión. Las prendas utilizadas deberán tener alojamientos para el flexómetro (54) o el acelerómetro (53).

15

Ejemplo de realización de la invención

1. Hardware

20

Siguiendo la estructura de la figura 1, el procesador (22) puede ser compatible con el modelo ATmega32u4 de Atmel con una frecuencia de reloj de 16MHz, núcleo de 8 bits y que incluye, entre otros periféricos: un convertidor analógico-digital de 10 bits, con más de 4 canales, que digitalizará las señales analógicas procedentes del bloque de adquisición (21); puertos de entrada-salida digital para la interfaz visual y sonora (26); y controlador para la interfaz USB. El circuito de alimentación (24) puede estar formado por

25 un regulador de voltaje compatible con el modelo LM2937. Recibe la tensión de entrada del interfaz USB y genera 3.3V a la salida que alimenta a los sensores. El procesador, el bloque de adquisición y el interfaz visual y sonora se alimentan a 5 voltios. Una alternativa compatible para el conjunto procesador (22), circuito de alimentación (24) y conector USB estaría basada en la plataforma de hardware libre Arduino Leonardo.

30

El acelerómetro puede ser compatible con el modelo ADXL335, que requiere 3.3V de alimentación y genera tres señales analógicas hacia el conector para el acelerómetro (11) del bloque de adquisición (21). El flexómetro puede ser compatible con el Flex Sensor de SpectraSystem y requiere un conector para flexómetro (17) para ser alimentado a través de una resistencia (18).

35

El bloque de adquisición (21), los conectores para los sensores (20) y la interfaz visual y sonora (26) deben seguir el esquemático mostrado en la Figura 2. Comenzando por el subbloque Flexómetro (19), éste estaría formado por una resistencia (18) de 10K y tolerancia del 1% que, junto con el valor resistivo del flexómetro en reposo (10K) crean un divisor de tensión que hace que la tensión de salida del mismo cambie desde 2.5V (en reposo) a valores crecientes a medida que el sensor se va doblando. La tensión máxima flexión no debe alcanzar los 5V. A continuación del divisor de tensión, la estructura de

40 amplificación y filtrado (13) adapta la señal para su digitalización. Su primera etapa la forma un amplificador de ganancia $G = 2.5$, con desplazamiento de -2.5V para el ajuste del cero. A continuación un filtro paso de baja con frecuencia de corte $F_c = 80\text{Hz}$ de Butterworth de al menos orden 2. El subbloque acelerómetro (16) está formado por estructuras de amplificación y filtrado (13) similares al flexómetro. Cambia el hecho de

45 que el amplificador tiene ganancia $G > 2$ sin necesidad de desplazamiento y que se necesitan tres estructuras, una por cada coordenada que devuelve el acelerómetro.

50

La interfaz visual y sonora (26) se puede implementar con un dispositivo LED conectado a un pin del procesador mediante una resistencia de 470 ohmios y de un dispositivo zumbador compatible con el modelo KPEG202A de Kingstate conectado, también, a otro pin disponible del procesador.

5

2. Software

La resistencia (18) que alimenta el flexómetro indica también al sistema qué sensor está conectado y, por consiguiente, el proceso a llevar a cabo durante el encendido. Si no hay flexómetro conectado, dicha resistencia suministra un valor máximo a la entrada del convertidor analógico digital, y el software tomará al acelerómetro como el sensor conectado al sistema. En caso contrario, si el valor que suministra dicha resistencia es inferior al máximo, el sensor que el sistema considera es el flexómetro.

El bloque de controladores (1) permitirá la adquisición de muestras a una tasa de al menos 250Hz/canal. Para el flexómetro, se obtiene un flujo de entrada de datos de 250 muestras por segundo. Para el acelerómetro se generan tres flujos de entrada de datos (uno por cada canal) de 250 muestras por segundo.

El bloque de filtro digital (2) implementa un filtro paso de baja con estructura polifásica para cada uno de los flujos de entrada procedentes del bloque de controladores. Al menos la longitud del filtrado, L, será de 64 muestras. El factor de diezmado puede ser de hasta $D = 32$ para la frecuencia de muestreo de $F_s = 250\text{Hz}$. La frecuencia de corte normalizada a la frecuencia de muestreo es de $f_c = F_c/F_s = 1/L$.

25

El bloque de derivación (3) implementa un filtro de Savitzky-Golay de al menos longitud 3 para la estimación de la primera derivada a cada uno de los flujos. En el caso de que el sensor sea el flexómetro, se estima el valor absoluto del mismo y en el caso del acelerómetro, se aplica la Ecuación 1.

30

El bloque de clasificación (4) recibe siempre un único flujo procedente del bloque de derivación (3) y clasifica cada una de las muestras entrantes en tres grupos: reposo, movimiento lento, movimiento rápido. Para la actualización de los centroides se recomienda usar una ventana de no más de 64 muestras.

35

El bloque de máquina de estados finitos (5) debe implementar un t_f de más de 0.75s, lo que permite establecer el valor de N_f , o contaje de muestras, de acuerdo con la Ecuación 2.

3. Montaje

Para el alojamiento del acelerómetro se coserá un saquito con un material preferentemente elástico sobre el guante, rodillera, brazaletes o cinta para la frente, y que deje un espacio interior de al menos $2 \times 2 \text{cm}^2$. Para el flexómetro el saquito debe tener unas dimensiones de al menos $0.5 \times 7 \text{cm}^2$. La posición del acelerómetro no es relevante, pero la del saquito que aloja el flexómetro debe situarse sobre aquella parte del tejido que caiga sobre una articulación, de modo que el punto medio del saquito quede justo sobre ella.

50

Descripción de las figuras

Figura 1.- Estructura general del hardware

- 5 (20) Conectores para los sensores.
- (21) Bloque de adquisición.
- (22) Procesador.
- 10 (23) Conector USB.
- (24) Circuito de alimentación.
- 15 (25) Líneas de alimentación para los bloques procesador y adquisición.
- (26) Interfaz visual y sonora.

20 Figura 2.- Estructura del bloque de adquisición.

- (11) Conector para acelerómetro.
- (12) Bus de conexión acelerómetro.
- 25 (13) Estructura de amplificación y filtrado.
- (14) Amplificador ganancia ajustable.
- 30 (15) Filtro paso de baja.
- (16) Subbloque acelerómetro.
- (17) Conector para flexómetro.
- 35 (18) Resistencia.
- (19) Subbloque Flexómetro.

40 Figura 3.-

- (1) Bloque de controladores.
- 45 (2) Baque de filtrado digital.
- (3) Bloque de derivación.
- (4) Bloque de clasificación.
- 50 (5) Bloque de máquina de estados finitos.

(6) Colas.

(7) Gestor.

5 (8) Usuario.

(9) Ordenador.

10 Figura 4.-

(40) Estado reposo.

(41) Estado movimiento.

15

(42) Fin del temporizador.

(43) Envío de evento al computador.

20 (44) Detección de movimiento.

Figura 5.-

25 (50) Cinta para la cabeza

(51) Guante

(52) Brazaletes o rodillera

30

(53) Alojamiento para el acelerómetro

(54) Alojamiento para el flexómetro

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, **caracterizado** por la utilización de sensores de detección de flexión y acelerómetros debidamente posicionados y compuesto por un microprocesador, que aloja un algoritmo que permite reconocer los movimientos voluntarios del sujeto y un circuito de traducción de señales.
- 10 2. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicación 1, **caracterizado** por estar compuesto de un bloque procesador (22), un bloque de adquisición (21) un circuito de alimentación (24); conector para los sensores (20); conector USB (23) que establece el interfaz con el ordenador para el envío y recepción de datos; e interfaz visual y sonora (26).
- 15 3. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el bloque procesador (22), contiene cualquier sistema digital con capacidad de ejecutar el algoritmo, con los siguientes requisitos hardware; frecuencia de reloj de al menos 20Mhz y 20MIPS, convertidor analógico digital con al menos 4 canales, interfaz USB, 2 puertos
20 digitales de entrada/salida.
- 25 4. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la función del bloque de adquisición (21) es la de adaptar la señal procedente de los sensores, a los niveles de voltaje adecuados para la conversión digital en el bloque procesador (22), y está compuesto de un subbloque acelerómetro (16) y un subbloque flexómetro (19).
- 30 5. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1 y 4, **caracterizado** porque el subbloque acelerómetro (16) recibe las tres señales procedentes del acelerómetro a través del conector (11) y que se distribuyen mediante las líneas (12) en estructuras de amplificación y filtrado (13). Cada una de estas estructuras poseen un amplificador de ganancia ajustable (14) y un filtro paso de baja (15).
- 35 6. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1 y 4, **caracterizado** porque el subbloque flexómetro (19) contiene un conector para flexómetro (17), seguido de una resistencia (18) conectada a alimentación, que actúa como divisor de tensión, cuyo resultado se envía a una estructura de amplificación y filtrado (13).
40
- 45 7. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las líneas de alimentación para los bloques procesador y adquisición (25) proceden del circuito de alimentación (24) que, a su vez, recibe su entrada del conector USB (23). Dicho circuito de alimentación (24) contiene, un regulador de tensión que permite adaptar los 5V de entrada a la tensión de alimentación de los circuitos que componen el hardware.
- 50 8. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la interfaz visual y sonora (26) dispone de al menos un led y un elemento sonoro conectados a las salidas

digitales del procesador, cuya función es la de señalar la detección de un movimiento que haya realizado el usuario del sistema.

5 9. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el procesador alberga un algoritmo estructurado en cinco procesos principales que permite la detección de los movimientos de forma adaptativa y que son; bloque de controladores, bloque de filtrado, bloque de derivación, bloque de clasificación, bloque de máquina de estados finitos y un gestor responsable de ejecutar cada uno de los bloques.

10 10. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1 y 9, **caracterizado** porque el bloque de controladores contiene un conjunto de rutinas que permite la lectura de datos brutos del convertidor analógico digital a una frecuencia de muestreo, F_s , determinada. Los datos brutos se convierten a los formatos numéricos habituales añadiéndoles una etiqueta identificativa del canal de procedencia del convertidor analógico digital. El flujo de datos hacia el bloque de filtrado (2) contiene tres subflujos en el caso de que el sensor sea el acelerómetro. Cada subflujo está asociado con uno de los tres canales del acelerómetro.

20 11. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1, 9 y 10 **caracterizado** porque el bloque de filtrado (2), recibe el flujo de datos desde el bloque de controladores (1), le aplica un filtrado paso de baja, para suavizar la señal, y un diezmado de factor D para reducir la tasa de muestreo y relajar las exigencias del hardware. En el acelerómetro, el filtrado se aplica a cada uno de los subflujos existentes, lo que genera tres subflujos de salida hacia el bloque superior.

30 12. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1, 9, 10 y 11 **caracterizado** porque el bloque de derivación (3), recibe el flujo (o subflujos) del bloque de filtrado, y a cada uno, se le aplica un filtro de Savitzky-Golay para determinar las pendientes de la señal, como forma de estimación de la velocidad del movimiento. Este bloque sólo genera un flujo de salida con el valor absoluto de dicha velocidad. En el caso de que el sensor sea el acelerómetro, existen tres subflujos de velocidades que se combinan mediante la Ecuación 1, para generar un único flujo saliente.

$$v = \frac{|v_x| + |v_y| + |v_z|}{3} \quad \text{Ecuación 1}$$

40 13. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1 y de 9 a 12 **caracterizado** porque el bloque de clasificación (4), recibe un flujo entrante con los valores del valor absoluto de la velocidad de movimiento y realiza un etiquetado de cada muestra en tres clases distintas: reposo, movimiento lento, movimiento rápido.

45 14. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1 y de 9, a 13 **caracterizado** porque el bloque de máquina de estados finitos (5), recibe el flujo de datos etiquetados y genera el evento hacia el ordenador. Consta de dos estados: estado de reposo (40) y estado de

movimiento (41) que se alcanza cuando se recibe una muestra etiquetada como movimiento rápido.

5 15. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicación 14, **caracterizado** por el arranque de un temporizador (42) que marca el momento de abandonar el estado de movimiento (41) y regresar al de reposo. Un contador software establece el periodo estipulado o intervalo t_f

10 16. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 14 y 15, **caracterizado** porque el número N_f de pasos de contador viene estimado por la Ecuación 2, donde la función $Ceil()$ representa el entero mayor del argumento, F_s la frecuencia de muestreo expresada en hercios; D , el factor de diezmado; y t_f el intervalo de tiempo expresado en segundos

15
$$N_f = Ceil\left(\frac{F_s \times t_f}{D}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

20 17. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones 1, y de 9 a 16, **caracterizado** porque el gestor (7) es responsable de ejecutar cada uno de los bloques constituyentes de la arquitectura software cuando sea preciso, gestiona las colas (6), controla la generación de la señal audiovisual y dispone del conjunto de rutinas necesarias para la comunicación con un PC remoto.

25 18. Sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los sensores pueden acoplarse a diferentes partes del cuerpo preferentemente mediante el uso de prendas deportivas que alojarán el flexómetro (54) o el acelerómetro (53).

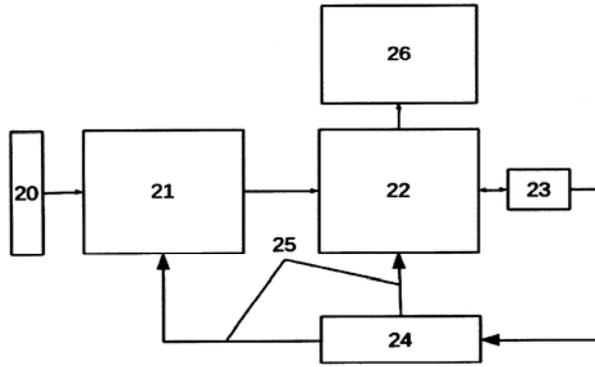


Figura 1

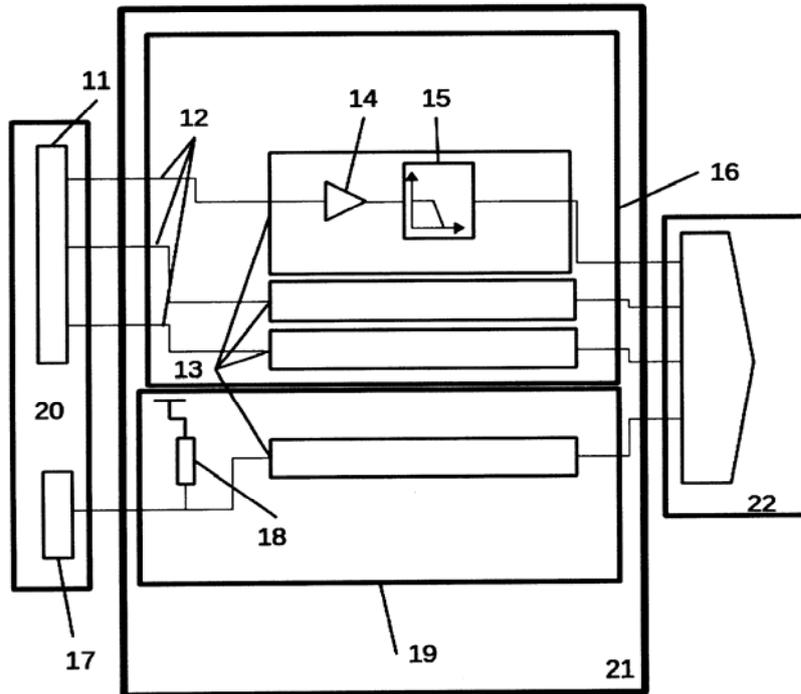


Figura 2

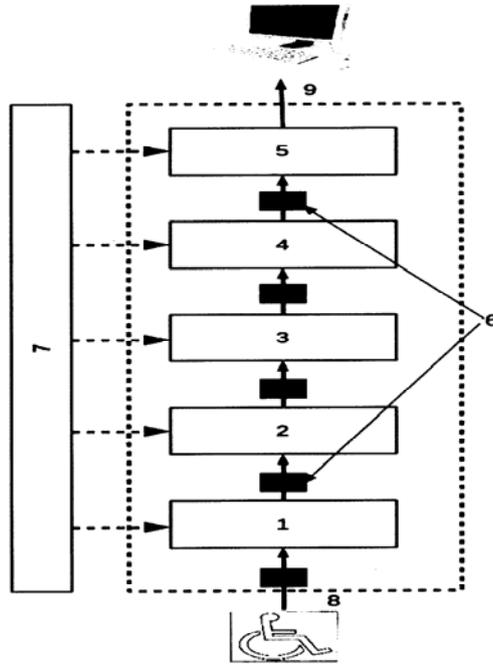


Figura 3

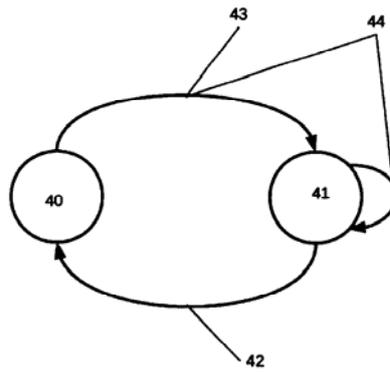


Figura 4

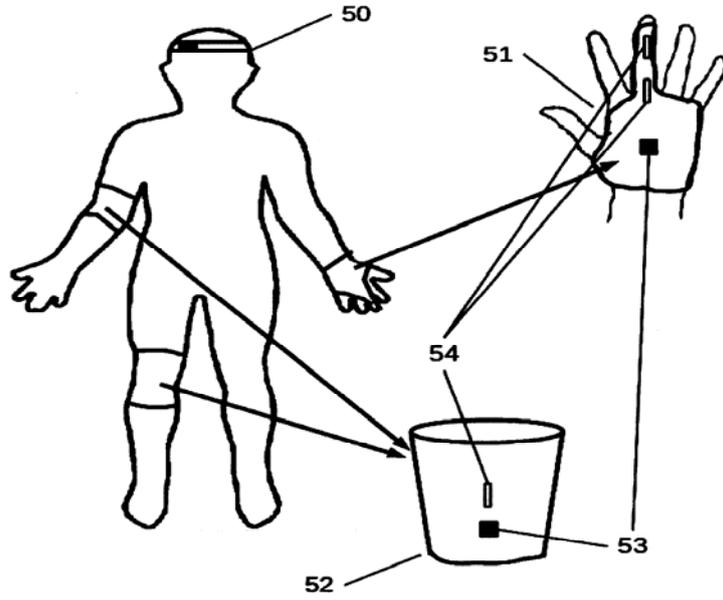


Figura 5



- ②① N.º solicitud: 201500681
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.09.2015
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G06F3/02** (2006.01)
A61F4/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	ES 2836992 B1 (ALVAREZ ALVAREZ JUAN; LEON GIL SALVADOR; LOPEZ BARRANCO GUILLERMO) 10.09.2012, página 2, línea 44 – página 3, línea 9; página 4, líneas 2-15; figura 1.	1-8,18 9-17
X A	ES 2283208 B1 (FUNDACION FATRONIK) 16.10.2007, columna 5, línea 65 – columna 6, línea 63; figuras 1-3.	1-8,18 9-17
X A	US 2013090931 A1 (GHOVANLOO et al.) 11.04.2013, página 5, párrafo [54] – página 6, párrafo [70]; figura 1.	1-8,18 9-17
A	ES 2326503 A1 (UNIVERSIDAD DE SEVILLA) 13.10.2009, página 4, línea 49 – página 6, línea 10; figuras 1,3.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
13.01.2016

Examinador
R. San Vicente Domingo

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06F, A61F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 13.01.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-18	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 9-17	SI
	Reivindicaciones 1-8, 18	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2836992 B1 (ALVAREZ ALVAREZ JUAN; LEON GIL SALVADOR; LOPEZ BARRANCO GUILLERMO)	10.09.2012
D02	ES 2283208 B1 (FUNDACION FATRONIK)	16.10.2007
D03	US 2013090931 A1 (GHOVANLOO et al.)	11.04.2013
D04	ES 2326503 A1 (UNIVERSIDAD DE SEVILLA)	13.10.2009

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 constituye el estado de la técnica más próximo a nuestra solicitud. En dicho documento, nos encontramos con un sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad, en este caso un sistema de interpretación del lenguaje de signos para personas con discapacidad vocal, que utiliza sensores de detección de flexión (11, 12) y acelerómetros (13) debidamente posicionados y compuesto por un microprocesador (14), que recibe la información procedente de los sensores y la convierte en una determinada señal, que permita reconocer los movimientos voluntarios del sujeto. La única diferencia existente entre el documento D01 y la 1ª reivindicación de la solicitud objeto de estudio sería la incorporación de un determinado algoritmo en el procesador para llevar a cabo el reconocimiento de los movimientos voluntarios del sujeto, pero dicha característica se considera evidente para un experto en la materia, y propia de cualquier unidad de control que contenga un procesador para llevar a cabo la traducción de las señales recibidas, quedando la actividad inventiva de dicha primera reivindicación totalmente cuestionada con el documento D01.

Con respecto a la reivindicación 2ª, dependiente de la 1ª reivindicación, referente a la estructura general del hardware necesario para llevar a cabo el sistema de detección de movimientos de personas con discapacidad, diríamos que también quedaría cuestionada su actividad inventiva con el documento D01, dado que todos los elementos o bloques que lo componen, resultarían obvios e imprescindibles para desarrollar el sistema implementado en dicho documento D01, es decir además de un bloque procesador, se necesitaría un bloque de adquisición de datos procedentes del bloque de sensores, un circuito de alimentación del sistema, un determinado conector que establezca el interfaz con el procesador para el envío y recepción de datos, y el interfaz visual y sonoro para señalar la detección de un determinado movimiento, se convertiría en este caso concreto en la interpretación de un determinado símbolo correspondiente al lenguaje de signos, en forma de traducción oral mediante un sintetizador de voz.

Con respecto al objeto de las reivindicaciones 3ª a 7ª, todas ellas dependientes de las reivindicaciones anteriores, diríamos que comprenderían solo modos de realización del hardware descrito en la reivindicación 2ª y que no se puede considerar que implique actividad inventiva. De la misma forma que tampoco implicaría actividad inventiva la reivindicación 8ª, que hace referencia al interfaz visual y sonoro para señalar la detección de un movimiento que haya realizado el usuario del sistema, ya que se considera una medida obvia para un experto en la materia y que no produce un efecto técnico sorprendente relacionado con el problema de la invención.

Por otro lado tampoco implicaría actividad inventiva la reivindicación 18ª que hace referencia al acoplamiento de los distintos sensores a diferentes partes del cuerpo, como por ejemplo sucede en el propio documento D01, que describe unos guantes para las manos del usuario portadores del flexómetro y del acelerómetro.

En cuanto a la reivindicaciones 9ª a 17ª que describen los distintos procesos para el funcionamiento del sistema, diríamos que en ninguno de los documentos D01 a D04 considerados como los más cercanos al de nuestra solicitud de invención, se ha encontrado ningún algoritmo que defina exactamente los procesos tal cual se han desarrollado en tales reivindicaciones, y por lo tanto diríamos que ni la novedad ni la actividad inventiva de dichas reivindicaciones quedaría cuestionada. Por ejemplo en el sistema de comunicación descrito en el documento D03 a partir de los movimientos desarrollados por la lengua de un usuario, se desarrolla un algoritmo para el reconocimiento de los movimientos de la lengua pero que no describe los procesos tal cual están descritos en dichas reivindicaciones.

Los documentos D02 y D03, análogos al documento D01 en cuanto a qué disponen de sensores inerciales para la detección de movimientos para personas con discapacidad, y cuyas señales procesadas por un ordenador se convertirían en controlar un determinado equipo, también cuestionarían la actividad inventiva de las reivindicaciones 1ª a 8ª y 18ª. En cambio el documento D04, que utiliza un sistema de guiños voluntarios por parte del usuario, reflejaría el estado de la técnica anterior.

A modo de resumen, podríamos concluir que en el sistema de detección adaptativo de movimientos leves para personas con discapacidad según se describe en las reivindicaciones 1ª a 8ª y 18ª de la presente solicitud no se aprecia actividad inventiva en el sentido del artículo 8 de la ley 11/86 de patentes, y en cambio sí se apreciaría novedad y actividad inventiva en el algoritmo desarrollado en las reivindicaciones 9ª a 17ª para el funcionamiento de tal sistema.