

ANEXO I DOCUMENTACIÓN TÉCNICA
DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO DE CAPTURA DE MOVIMIENTO DE LA MANO POR
MEDIO DE CAMPO MAGNÉTICO

1. RESUMEN (Decisión Andina 486 de 2000, artículo 31)

La solución técnica propuesta por la presente invención consiste en un dispositivo tipo guante que incorpora varios sensores y un campo magnético para capturar los movimientos de la mano, los cuales son leídos por una plataforma de desarrollo configurada con una serie de instrucciones para determinar, con mayor certeza, los movimientos de la mano y sus falanges.

De esta manera, la invención denominada Dispositivo y Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético, presenta un dispositivo que utiliza la generación del campo magnético para la adquisición de datos y adicionalmente, un procedimiento para el procesamiento de la información adquirida por el dispositivo para su posterior transmisión por medio de un canal de comunicación inalámbrico de radiofrecuencia que puede ser aprovechada por un ordenador o dispositivo móvil.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION (Decisión Andina 486 de 2000, artículo 28)

2.1. Sector Tecnológico

El sector tecnológico de la invención denominada Dispositivo y Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético se encuentra dentro de las tecnologías de los dispositivos electrónicos de interfaz humano-maquina.

2.2. Tecnología Anterior

El estado de la técnica comprende todo lo que haya sido accesible al público por una descripción escrita u oral, utilización, comercialización o cualquier otro medio antes de la fecha de presentación de la solicitud de patente o, en su caso, de la prioridad reconocida. Bajo este

requisito normativo, es necesario contextualizar la tecnología a patentar y posteriormente indicar los documentos hallados.

Para centrar el análisis del estado de la técnica anterior, la novedad se enmarca dentro de las soluciones que facilitan las tareas que realiza una persona a diario con sus manos, en especial, en procesos industriales cuando algunas actividades laborales representan un alto riesgo para los trabajadores, por lo que los sistemas teleoperados representan seguridad para la empresa y para el operador (Actividades como: soldadura, corte de materiales, manipulación de materiales químicos o de riesgo biológico, entre otros).

A su turno, en el área de realidad virtual se requiere interactuar con el entorno para intensificar la sensación de realidad, es entonces cuando resulta necesaria una comunicación entre el usuario y la máquina.

Por lo anterior, la captura con alta precisión y exactitud de los movimientos de la mano ayuda a solucionar los problemas descritos, anticipando las áreas en que las manos realizarán sus movimientos.

En este sentido, para reconocimiento de los movimientos de la mano se requiere de la adquisición de datos, la cual se efectúa bajo distintos dispositivos como cámaras, electromiografías, guantes de adquisición. Cada uno de estos dispositivos desarrolla diferentes tecnologías para el tratamiento de la información.

De esta manera, encontramos en primer término la tecnología basada en el reconocimiento óptico, cuyos diversos métodos de reconocimiento basados en visión se valen únicamente de una cámara para capturar imágenes de la mano, aunque los requisitos de adquisición son pocos, la calidad y las características de estos dispositivos deben ser suficientes para asegurar la velocidad, resolución y procesamiento de los datos de tal manera que aseguren altas precisiones como las de que obtuvieron resultados de más de 95% de precisión gracias al empleo de la tecnología Kinect y de los algoritmos empleados. Aunque muestra buenos resultados, este

depende de ciertas condiciones de iluminación y de la ubicación en el que se encuentren las cámaras¹.

Algunos desarrolladores facilitan el reconocimiento de la mano por medio de marcas de colores que posteriormente tienen un seguimiento en los algoritmos, sin embargo el usuario prefiere los dispositivos que requieren de menos accesorios².

En segundo lugar, encontramos las tecnologías basadas en señales electromiografías (señales biomédicas) que miden la actividad eléctrica en las fibras musculares, dicha actividad siempre es controlada por el sistema nervioso y depende de las propiedades anatómicas y fisiológica de los músculos. La mayoría de las señales bioeléctricas no son lineales ni estacionarias, las señales EMG se adquieren comúnmente por medio de electrodos, estos datos se pueden coleccionar de manera superficial o intramuscular, sin embargo, no hay una diferencia significativa entre ambos, como lo muestran L. Hargrove y otros, aun así, es más común utilizar electrodos superficiales. En este caso se requiere de un análisis más complejo puesto que la señales EMG varían debido a diferentes factores del cuerpo³.

Recientemente se han desarrollado dispositivos portátiles que procesan las señales EMG y permiten interactuar con un servidor o maestro, entre ellos el más comercial es la manilla MYO armband ya que le evita al desarrollador la parte de acondicionamiento a nivel de hardware⁴.

En tercer lugar, se presentan los sistemas basados en guantes. Estos se presentan en una increíble variedad ya que cada uno emplea diferentes sensores y técnicas para modelar un seguimiento al movimiento de la mano, proporcionando datos precisos de ángulos, rotación y

¹ M. Islam, S. Siddiqua, and J. Afnan, "Real Time Hand Gesture Recognition Using Different Algorithms Based on American Sign Language," 2017; F. Liu, B. Du, Q. Wang, Y. Wang, and W. Zeng, "Hand gesture recognition using kinect via deterministic learning," 2017 29th Chinese Control Decis. Conf., pp. 2127–2132, 2017; Z. Yeloğlu, Y. Akbulut, Ü. Budak, and A. Şengür, "Hand Gesture Recognition From Kinect Depth Images," pp. 2–5, 2015.

² R. Y. Wang and J. Popović, "Real-time hand-tracking with a color glove," ACM Trans. Graph., vol. 28, no. 3, p. 1, 2009.

[6] A. O. Andrade, P. Kyberd, and S. J. Nasuto, "The application of the Hilbert spectrum to the analysis of electromyographic signals," Inf. Sci. (Ny), vol. 178, no. 9, pp. 2176–2193, 2008.

³ C. J. De Luca, C. De Luca, and C. J. De Luca, "The use of surface electromyography in biomechanics," J. Appl. Biomech., vol. 13, no. July 1993, pp. 1–38, 1997. M. Knaflitz and G. Balestra, "Computer analysis of the myoelectric signal," IEEE Micro, vol. 11, no. 5, pp. 12–15, 48, 1991. L. J. Hargrove, K. Englehart, and B. Hudgins, "A comparison of surface and intramuscular myoelectric signal classification," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 54, no. 5, pp. 847–853, 2007.

⁴ H. Motoyama, T. Inoue, Y. O. Kato, and J. Ozawa, "Electrode layout of wristband EMG measuring device for hand gesture recognition," 2015 IEEE Int. Conf. Consum. Electron. ICCE 2015, pp. 148–149, 2015. H. J. Kim, Y. S. Lee, and D. Kim, "Arm motion estimation algorithm using MYO armband," Proc. - 2017 1st IEEE Int. Conf. Robot. Comput. IRC 2017, vol. 4, pp. 376–381, 2017. S. Kumar, R. E. Mohan, and E. A. Martínez García, "Development of a handheld EMG device for assessment and assistive purposes during post stroke therapy," Proc. 2012 7th IEEE Conf. Ind. Electron. Appl. ICIEA 2012, pp. 139–143, 2012. S. Rawat, S. Vats, and P. Kumar, "Evaluating and exploring the MYO ARMBAND," Proc. 5th Int. Conf. Syst. Model. Adv. Res. Trends, SMART 2016, pp. 115–120, 2017.

ubicación de la mano. Los guantes de datos se han desarrollado desde los años 80 entre los que encontramos el *Sayre Glove* que empleaba tubos flexibles con una fuente de luz a un extremo y una fotocelda al otro, lo que más adelante inspiró a otros desarrolladores con la implementación de sensores flexibles de fibra óptica, estos guantes requieren de una calibración para adaptarse a la mano de diferentes usuarios, algunos desarrolladores han creado sus propias fibras ópticas que a diferencia de otras tecnologías que miden la luz que retorna del otro extremo con un fototransistor la tecnología del guante *5DT* mide la flexión del dedo teniendo en cuenta la intensidad de la luz devuelta⁵.

Lo que más impactó en el anterior desarrollo fue la flexibilidad que permitía cierta libertad de movimiento y que impulsó el desarrollo de unos guantes que empleaban sensores piezo-resistivos de tinta que entregaban una diferencia de resistividad al curvar la pieza de medida, esta tecnología se implementó en gran cantidad de guantes⁶.

A partir de las anteriores tecnologías se fue impulsando el desarrollo de estos dispositivos con diferentes tecnologías, una de las que se ha empleado bastante en guantes, es el acelerómetro que a partir de un punto o sensor de referencia detectan los cambios de velocidad y posición de cada dedo, no requieren de calibración. Por otra parte, encontramos los guantes que utilizan bobinas y sensores magnéticos, en la mayoría de estos se requiere de una calibración para cada usuario, deben estar en un ambiente libre de materiales ferromagnéticos y elementos metálicos para su buen funcionamiento⁷.

Otra variedad de guantes emplean tecnologías menos populares como sensores ultrasonido, sensores capacitivos, Switches, entre otros⁸.

⁵ D. J. Sturman and D. Zeltzer, "A survey of glove-based input," *Comput. Graph. Appl. IEEE*, vol. 14, no. 1, pp. 30–39, 1994.

E. Fujiwara, C. Y. Onaga, M. F. M. Santos, E. A. Schenkel, and C. K. Suzuki, "Design of a glove-based optical fiber sensor for applications in biomechanics," pp. 786–790, 2014. T. G. Zimmerman, J. Lanier, C. Blanchard, S. Bryson, and Y. Harvill, "A hand gesture interface device," *ACM SIGCHI Bull.*, vol. 17, no. SI, pp. 189–192, 1986. E. Fujiwara, D. Y. Miyatake, M. Ferreira, and C. K. Suzuki, "Development of a Glove-Based Optical Fiber Sensor for Applications in Human-Robot Interaction," *Human-Robot Interact.*, pp. 123–124, 2013. M. A. Conn and S. Sharma, "Immersive Telerobotics using the Oculus Rift and the 5DT Ultra Data Glove," pp. 387–391, 2016.

⁶ B. A. Kent, E. D. Engeberg, G. Saggio, F. Riillo, L. Sbernini, and L. R. Quitadamo, "Resistive flex sensors: a survey." A. Natesh, G. Rajan, B. Thiagarajan, V. Vijayaraghavan, U. Student, and S. Foundation, "Low-Cost Wireless Intelligent Two Hand Gesture Recognition System," 2017.

⁷ R. Kotas, Z. Kulesza, W. Tylman, A. Napieralski, and P. Marciniak, "Model of Human Palm Controlled by Glove with Micromachined Accelerometers," 2010. B. F. Fuchun Sun, "A Novel Data Glove Design Based on Inertial and Magnetic Sensors," *Int. J. Swarm Intell. Evol. Comput.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–2, 2015. C. Marco, "Dispositivo per la rilevazione della flessione di un elemento distale rispetto ad un elemento prossimale adiacente applicabile ad un guanto sensorizzato di interfaccia tra elaboratore ed operatore e guanto sensorizzato così ottenuto," 1997. Y. Y. Lee, R. H. Wu, and S. T. Xu, "Applications of linear Hall-effect sensors on angular measurement," *Proc. IEEE Int. Conf. Control Appl.*, pp. 479–482, 2011.

⁸ C. Fahn and H. Sun, "Development of a data glove with reducing sensors based on magnetic induction," *Ind. Electron. IEEE Trans.*, vol. 52, no. 2, pp. 585–594, 2005. T. L. Baldi, S. Member, S. Scheggi, and L. Meli, "GESTO : A Glove for Enhanced Sensing and Touching Based on Inertial and Magnetic Sensors for Hand Tracking and Cutaneous Feedback," pp. 1–11, 2017.

Bajo este contexto, se relacionan a continuación los documentos de patentes hallados.

- La patente US20170205880 corresponde a un sistema compuesto en parte por una interfaz de guante que permite determinar la ubicación con base en campos magnéticos, al igual que la patente US9665174B2, la cual además compone un sistema completo de interacción para juegos, cuyos electroimanes deben ser activados. La novedad presentada en la solicitud de patente desarrollada en el presente documento se centra en que emplea imanes que no requieren de intervención, es decir su activación.
- La patente CN105630178 se refiere a un mouse inalámbrico, conectado vía Bluetooth que funciona bajo el principio de Hall, con lo cual difiere de la solución técnica propuesta, por cuanto presenta un dominio de campos magnéticos y procesamiento de datos. Este dispositivo implementa un imán en forma de anillo y dos sensores de efecto hall para actuar como botones ya que es un mouse, cuya configuración toma una distancia considerable frente a la solicitud de invención desarrollada en el presente documento.
- Por su parte, la patente CN204740561 corresponde a un guante para la captura de movimiento con sensores de campo magnético en el extremo de los dedos y un generador de campo en la parte central de la mano, que difiere del dispositivo presentado al estar creado por una bobina.
- El principio de detección de campo magnético también es utilizado en la patente US20170090568, con t

Por todo lo anterior, la invención propuesta se considera novedosa.

T. N. Hoang and B. H. Thomas, "Distance-Based Modeling and Manipulation Techniques Using Ultrasonic Gloves," IEEE Int. Symp. Mix. Augment. Real. 2012, pp. 287-288, 2012. N. Karlsson, B. Karlsson, and P. Wide, "A Glove Equipped with Finger Flexion Sensors as a Command Generator used in a Fuzzy Control System," 1998. P. Coiffet and G. Burdea, Virtual Reality Technology, 2nd ed. New York: Wiley interscience, 2003. R. Rosenberg and M. Slater, "The Chording Glove : A Glove-Based Text Input Device," IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., vol. 29, no. 2, pp. 186-191, 1999. M. Kölsch and M. Turk, "Keyboards without Keyboards : A Survey of Virtual Keyboards," Work. Sens. Input Media-centric Syst. St. Barbar. CA, 2002. T. Nghia, F. Sunny, C. Marion, L. Duffy, and H. Phan, "No Title," US8421448B1, 2013.



2.3. Descripción General

El Problema técnico se identifica con la dificultad de identificar la totalidad de los movimientos de la mano, que incluye la palma de la mano y las falanges de los dedos, y transmitirlos de manera confiable digitalmente a un dispositivo electrónico, que permitan identificar los grados y las distancias de referencia, siendo el dispositivo totalmente independiente, sin restringir la libertad de los movimientos de la mano.

La solución técnica propuesta por la presente invención consiste en un dispositivo tipo guante que incorpora varios sensores y un campo magnético para capturar los movimientos de la mano, los cuales son leídos por una plataforma de desarrollo configurada con una serie de instrucciones para determinar los movimientos de la mano y sus falanges.

De esta manera, la invención denominada Dispositivo y Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético, presenta un dispositivo que utiliza la generación del campo magnético para la adquisición de datos y adicionalmente, un procedimiento para el procesamiento de la información adquirida por el dispositivo para su posterior transmisión por medio de un canal de comunicación inalámbrico de radiofrecuencia que puede ser aprovechada por un ordenador o dispositivo móvil.

El Dispositivo de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético, presenta una red de sensores sobre un guante que permiten la captura del movimiento de todas las falanges de la mano por medio de sensores de efecto Hall que captan el campo magnético generado por un imán permanente, de tal manera que el sistema de sensores, ni la fuente de campo magnético afectan el movimiento de la mano, configurando un sistema de 14 grados de libertad. La orientación de la mano se obtiene por medio de un sensor de movimiento inercial (IMU) de 6 ejes. De esta manera, se obtienen 14 grados de libertad entre las falanges y 2 grados de libertad para el movimiento de la muñeca, es decir, un sistema de 16 grados de libertad en total.

Los sensores de efecto Hall empleados son de una sola dimensión de medida del fenómeno físico y bajo costo, razón por la cual se captura un único eje de movimiento para cada falange. En este caso, dicho eje corresponde al movimiento de flexión de las falanges debido a que, comparado

con los movimientos de aducción y abducción, estos son menos significativos en la ejecución de tareas hechas con las manos, aunque no dejan de ser importantes.

Para la generación de la fuente campo magnético, se utiliza un imán permanente de neodimio, el cual se encarga de emitir las cargas eléctricas en movimiento. Este campo debe ser suficientemente grande como para cubrir toda la mano, sin que la forma física afecte el movimiento natural de la mano.

El otro componente del Dispositivo corresponde al sensor de movimiento inercial, el cual integra un acelerómetro y un giroscopio, para obtener la orientación de la mano por medio de los 6 ejes que maneja el dispositivo. Este dispositivo se ubicó tal como se muestra en la Figuras 2 y 4, denotado como IMU.

El Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético incluye un sistema que incorpora un protocolo de comunicación para una transmisión inalámbrica, así como también entradas de tipo analógicas para la captura de las señales de los sensores (Hall, IMU). Este sistema se encarga también del acondicionamiento de las señales, del tratamiento de los datos y la transmisión de estos.

Este procedimiento, incorporado en la invención, presenta una configuración que aplica un filtrado digital de señales, lógica difusa y trigonometría básica, para en conjunto, determinar la posición de las falanges y así disponer en tiempo real los datos del movimiento de la mano.

Esta configuración, recibe los datos enviados por el dispositivo, acondicionándolos para generar un seguimiento al movimiento de la mano a partir de filtros digitales, lógica difusa y fundamentos trigonométricos. (Repite lo del anterior párrafo se sugiere retirar este párrafo)

Al final del procesamiento, se realiza un empaquetamiento de información que se transmite inalámbricamente y puede ser aprovechada por otros desarrollos computacionales. La trama empaquetada contiene la conversión a grados de cada falange y del movimiento de la palma, junto con un identificador para cada uno de ellos.

2.4. Los Dibujos

FIGURA 1. CONFIGURACIÓN DE LA INVENCIÓN

FIGURA 2. REPRESENTA LA RED DE SENSORES VISTA SUPERIOR.

FIGURA 3. REPRESENTA LA INCORPORACIÓN DEL IMÁN E IMU.

FIGURA 4. REPRESENTA LA RED DE SENSORES VISTA LATERAL.

FIGURA 5. REPRESENTA EL DIAGRAMA DE BLOQUES EL PROCEDIMIENTO.

2.5. Descripción Detallada

La solicitud de invención denominada Dispositivo y Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético presenta un dispositivo cuya estructura funcional comprende una red de sensores, un imán, un dispositivo IMU, un sistema de alimentación, una plataforma de desarrollo, y una interfaz (Figura No 1).

De igual forma, la invención también incorpora un Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético que comprende una primera etapa denominada Captura y procesamiento de datos del sensor de efecto hall, la segunda etapa denominada Captura y procesamiento de datos Captura del IMU y la tercera etapa, Transmisión de Datos que contiene la conversión a grados de cada falange y del movimiento de la palma (Figura 4).

2.5.1. Dispositivo de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético

La invención denominada Dispositivo de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético presenta dentro de su estructura funcional una Red de Sensores (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15, Figuras 2 y 4), que incorpora en una superficie de soporte tipo guante, elaborado en un material flexible no ferromagnético (1 Figuras 2 y 4), unos sensores sobre la cobertura de las falanges que componen la mano, que forma parte de las extremidades superiores del cuerpo humano. La mano humana está unida al antebrazo, por medio de una articulación conocida como muñeca, en la cual se incorpora la palma central de la cual surgen los dedos conformados por falanges proximal, media y distal, a excepción del pulgar en el que se ausenta la falange media. La Red de Sensores (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15, Figuras 2 y 4), permite capturar el movimiento de flexión de las diferentes falanges de la mano..

La Red de Sensores (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15, Figuras 2 y 4), que funcionan bajo el principio del efecto hall, se ubican en la falange distal, media y proximal (a excepción del pulgar que solo tiene media y distal) sobre la sección del guante (1 Figuras 2 y 4) que cubre los dedos que componen la mano que requiere la captura de la información. Los sensores de campo magnético de efecto Hall son de una sola dimensión de medida del fenómeno físico, por lo que el eje de movimiento es el de la flexión de las falanges y de esta manera, se pueden obtener movimientos de prensión, flexión y combinaciones de pinzas digitales. Estos sensores capturan un único eje de movimiento para cada falange. El eje corresponde al movimiento de flexión de las falanges debido a que, comparando con los movimientos de aducción y abducción, estos son menos significativos en la ejecución de tareas hechas con las manos, aunque no dejan de ser importantes.

La Red de Sensores (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15, Figuras 2 y 4), incorporada en la estructura tipo guante (1 Figuras 2 y 4), está construida bajo una instalación de cableado en forma de zigzag que energiza y transporta la señal de información, facilitando el movimiento en la mano y evitando que se rompa.

El segundo componente estructural del Dispositivo, corresponde al Imán permanente de neodimio (20, Figuras 3 y 4) ubicado en el arco palmar de la mano que genera la fuente del campo magnético. Este genera un campo magnético permanente, el cual es suficientemente grande para cubrir toda la mano, sin que su forma física afecte el movimiento natural de la mano. En este sentido, al emplear un imán permanente implica que no se va presentar ningún consumo eléctrico para generar el campo magnético.

El tercer elemento estructural del Dispositivo corresponde al sensor de movimiento inercial (IMU) que integra un acelerómetro y un giroscopio (17 Figura 2) ubicado en la parte dorsal de la estructura tipo guante que cubre la mano con el fin de obtener el movimiento que realiza la mano con respecto a los ejes lateral y longitudinal con referencia al centro de gravedad. El IMU obtiene la orientación de la mano por medio de los 6 ejes que maneja el dispositivo.

Lo anterior permite que bajo la orientación de la mano se obtenga la captura del movimiento de la mano en 14 grados de libertad entre las falanges y 2 grados de libertad para el movimiento de la palma, es decir un sistema de 16 grados de libertad en total.

El cuarto componente del dispositivo corresponde a la Plataforma de Desarrollo que recibe tanto los datos capturados por el movimiento de todas las falanges, a las cuales se les incorporó los sensores de efecto Hall, que captan el campo magnético generado por el imán permanente; como los datos correspondientes al movimiento de la palma capturados por el IMU (Figura No 1). Adicionalmente incorpora un sistema de transmisión de datos por radiofrecuencia y un sistema de alimentación de energía.

La anterior disposición, permite un sistema de 16 grados de libertad del movimiento de la mano sin que dicho movimiento sea afectado por la red de sensores (Hall, IMU), ni la fuente de campo magnético, ni la plataforma de desarrollo.

La Plataforma de Desarrollo contiene un microcontrolador (16 Figuras 2 y 4) que recibe las señales analógicas de los 14 sensores Hall, las cuales pasan por un conversor análogo – digital (ADC), el cual traduce la variable eléctrica, en valores digitales para su tratamiento en el procedimiento.

De igual forma, el microcontrolador recibe la información del IMU bajo una implementación de un protocolo de comunicación I2C, en el cual obtiene bits de información por cada eje de movimiento (lateral y longitudinal) para su tratamiento en el procedimiento.

La Plataforma de Desarrollo se encarga de realizar el procedimiento y empaquetado de la información obtenida del mismo procedimiento, el cual se convierte en la salida del microcontrolador, enviada vía serial sobre RS232 hacia un módulo de transmisión inalámbrica de

radiofrecuencia bluetooth (18 Figura 2) que está en capacidad de permitir del aprovechamiento de los datos de movimiento por otros desarrollos computacionales.

El quinto elemento estructural corresponde al sistema de alimentación conformado por baterías de litio (19 Figura 2), estas tienen la capacidad de energizar el dispositivo suministrando la corriente necesaria para su funcionamiento y pueden ser recargadas en cuanto sea necesario.

2.5.2. Procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético

La invención también desarrolla un procedimiento de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético que incorpora una configuración para la plataforma de desarrollo, comprendiendo tres etapas, así: la primera etapa denominada Captura y procesamiento de datos del sensor efecto hall; la segunda etapa, Captura y procesamiento de datos Captura del IMU; y, la tercera etapa, Transmisión de Datos del Campo Magnético, las cuales a su turno están divididas en diversas fases (Figura 5).

La primera, denominada Etapa de Captura y procesamiento de datos del sensor efecto hall, se divide a su turno en 8 fases. La primera fase (21 Figura 5) inicia con una diferencia de potencial eléctrico generada por el sensor de cada falange, a partir del campo magnético.

En la segunda fase (22 Figura 5), recibe la señal eléctrica del sensor y la transforma a una palabra digital por medio del conversor análogo a digital de la plataforma de desarrollo.

Ya en la tercera fase (23 Figura 5), toma la señal digital obtenida y procede a realizar una etapa de filtrado, eliminando ciertas frecuencias consideradas como ruido para el sistema.

La cuarta fase (24 Figura 5) toma la señal filtrada para ingresarla al sistema difuso, el cual consiste en transformar los datos o valores de entrada que vienen dados en BITS, en valores de lógica difusa o fuzzificación, mediante el uso de funciones de membresía o grupos que fueron creados bajo la experiencia del diseñador.

En esta etapa, las señales de las falanges se relacionan con grupos que indican que tan lejos estaba la falange de la fuente de campo magnético, con lo cual, entre más lejos se encuentra la falange, mayor cantidad de funciones de membresía se implementaron. En promedio, para la falange proximal, se tienen 3 funciones de membresía, para la falange media 4 y la falange distal 5.

En la quinta fase (25 Figura 5), se aplican las reglas de inferencia a los valores fuzzificados de la fase anterior.

Ya en la sexta fase (26 Figura 5) se realiza la defuzzificación, en donde se trasladan estos nuevos valores de la fase anterior a una variable que representa la distancia entre el sensor y el campo magnético.

En la séptima fase (27 Figura 5), se toma la distancia que se obtiene entre el largo promedio de la falange, la distancia entre el campo magnético y el inicio de la falange, para aproximar la unión entre los tres puntos, creando un triángulo cuya hipotenusa es variable.

Con el resultado de la fase sexta y con la forma del triángulo, se obtiene una aproximación del ángulo al que se encuentra la falange con relación a la palma.

Ya en la octava fase (28 Figura 5), se empaqueta la información del ángulo de la falange obtenida de la fase séptima junto con su respectivo identificador y la une con la información obtenida de cada falange.

Paralelamente, se desarrolla la segunda etapa de Captura y procesamiento de datos del IMU que presenta cinco fases. La primera fase (29 Figura 5) inicia con los valores de aceleración y velocidad angular de la palma por medio del IMU, en este el movimiento y la fuerza de aceleración se transforman en valores digitales almacenados en los registros del IMU.

La segunda fase (30 Figura 5) solicita los registros de información del IMU correspondientes a los ejes X e Y del acelerómetro y el giroscopio, de esta etapa se obtiene un valor de bits que corresponde a cada eje mencionado.

Ya en la tercera fase (31 Figura 5) se configura el cálculo del ángulo de inclinación de la mano en los ejes X (lateral) e Y (longitudinal). Par tal fin, se aplica la teoría de funcionamiento del acelerómetro y del giroscopio para calcular el ángulo X e Y de la mano, se conoce que el acelerómetro mide la fuerza de aceleración correspondiente a la gravedad, un vector que es perpendicular al suelo, con un eje X e Y de referencia se pueden aplicar cálculos trigonométricos para determinar a qué ángulo se encuentra el vector de aceleración y así mismo saber a qué ángulo se encuentra el sensor o el grado de inclinación de la mano en el eje X y el eje Y, dejando de lado únicamente el movimiento de abducción y aducción de la muñeca, el giroscopio mide la velocidad angular, es decir los grados que se gira por segundo, aplicando cálculos de arcotangente y operando los estados anteriores con la velocidad angular se obtiene de esta etapa el ángulo de inclinación de la mano en los ejes X e Y.

En la cuarta fase (32 Figura 5), al igual que en el caso anterior se aplica una etapa de filtrado para eliminar el ruido y mejorar la estabilidad del movimiento en el ángulo obtenido, se aplica el mismo tipo de filtro que en la tercera fase del procedimiento de captura del sensor Hall.

En la quinta fase (33 Figura 5), se empaqueta la información adquirida en una trama de datos que contiene la información de la cuarta fase, es decir, los datos correspondientes al eje X e Y.

Una vez terminadas las etapas de Captura y procesamiento de datos del sensor efecto hall y la Captura y procesamiento de datos del IMU, se realiza la tercera y última etapa denominada Transmisión de datos del moviente de la mano en los ángulos mencionados (34 Figura 5), que toma el resultado de las etapas primera y segunda en sus fases finales, y se envía por medio de comunicación inalámbrica mediante radiofrecuencia sobre la banda de los 2.4 GHz bajo la especificación bluetooth, mediante el módulo de comunicación de la plataforma de desarrollo, esta facilita la comunicación con otros dispositivos, elimina la necesidad de cables para la transmisión de datos y facilita la sincronización de los datos con otros desarrollos computacionales según se requiera.

2.6. Aplicación Industrial

El procedimiento tiene aplicación industrial por cuanto el dispositivo tiene aplicación en diversas áreas utilizándose como dispositivo de interfaz humano máquina. En sistemas teleoperados, permitiendo el aprovechamiento de los datos generados por el dispositivo para controlar diferentes equipos o maquinas como brazos robóticos manipuladores, entre otras máquinas; en sistemas de realidad virtual permitiendo el uso de los datos generados para interactuar con un entorno virtual de diferentes tipos; la información que genera el dispositivo puede ser aprovechado para generar facilidades para personas con discapacidades, que utilicen el lenguaje de señas; por otra parte la información generada por el dispositivo puede ser empleada en sistemas de rehabilitación motriz para su análisis por parte de los especialistas en el área; el dispositivo tiene aplicación en diferentes sistemas electrónicos como drones, robots móviles, mouse para computadora, entre muchos otros.

3. REIVINDACIONES

1. Dispositivo de Captura de Movimiento de la Mano por Medio de Campo Magnético cuya estructura funcional comprende una red de sensores incorporados a un guante, un imán, un sensor de medición inercial (o IMU), un sistema de alimentación, una plataforma de desarrollo.