

DETECCIÓN Y MEDICIÓN DEL MOVIMIENTO DE LA CABEZA CON EL ACCELERÓMETRO MMA7260QT

David Octavio Roa Rico, Pedro Ayala Muñoz, José Jaime Esqueda Elizondo, Marco Antonio Pinto Ramos, Laura Jiménez Beristáin, Ricardo Jesús Renato Guerra Fraustro

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería
Universidad Autónoma de Baja California
Calzada Tecnológico 14418, Mesa de Otay, Tijuana, B. C., CP 22390
(664) 979 7500 ext. 54333

correo-e: droa.orico@gmail.com, ayala.pedro@hotmail.com, jjesqueda@uabc.edu.mx, mpinto@uabc.edu.mx, ljimenezb@uabc.edu.mx, jguerra@uabc.edu.mx

RESUMEN

Se presenta la medición y detección del movimiento de cabeza usando la plataforma NI ELVIS II de National Instruments y el acelerómetro MMA7260QT de Freescale. Este acelerómetro se utiliza para medir y detectar los movimientos de la cabeza de si, no y tal vez. De esta forma, las señales detectadas por el acelerómetro pueden ser usadas posteriormente para controlar dispositivos a manos libres o simplemente registrar los movimientos de la cabeza.

INTRODUCCIÓN

De forma intuitiva, el ser humano complementa la comunicación oral con diferentes movimientos de manos y cabeza. A través de los avances en la tecnología se ha logrado obtener mediciones y registros de muchos de esos movimientos, lo que ha valido para desarrollar diferentes tecnologías en campos como la medicina, cinematografía, bioingeniería, inclusive en los videojuegos más avanzados, como el caso del Kinect de Microsoft donde algunos de los algoritmos utilizados pueden reconocer patrones de movimiento [6]. Existen también productos en el mercado como la Smart TV de Samsung que combinan control por voz, reconocimiento facial y control o navegación por comandos de movimiento de forma similar al Kinect, además de internet. Estos sistemas se basan en la detección del movimiento por imágenes, donde basta con que el jugador o usuario se coloque frente a la consola o la Smart TV que incorpora un sistema de detección, para que se pueda dar la interacción entre el sistema y el jugador o usuario.

En este trabajo se usan los acelerómetros como los sensores de movimiento que permitan la detección del mismo para su uso en diferentes aplicaciones y

a diferencia de la detección de movimiento por medio de imágenes, se enfatiza la movilidad que puede tener el operador, así como la gran portabilidad al lograr la miniaturización ya que el operador puede moverse libremente sin necesidad de estar frente a una cámara, como en el caso del Kinect.

DIAGRAMA A BLOQUES

En la Figura 1 se muestra el diagrama a bloques del sistema propuesto. Como elemento sensor de movimiento, se utiliza un acelerómetro de 3 ejes. Como etapa de adquisición de datos, se utiliza la plataforma NI ELVIS II de National Instruments, específicamente tres canales (para cada eje del acelerómetro) de la DAQ incluida y para alimentar el acelerómetro. Las señales adquiridas se procesan en una interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW, la cual controla la adquisición de los datos y el despliegue de resultados en la computadora.

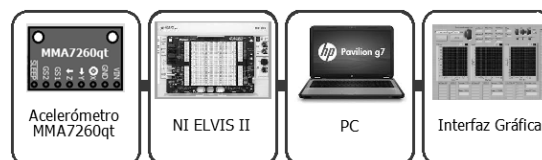


Figura 1. Diagrama a bloques de sistema propuesto.

En las secciones subsecuentes se detalla cada uno de los elementos del sistema propuesto.

2.1 ACCELERÓMETRO

Se utiliza el acelerómetro MMA7260QT de Freescale para realizar las mediciones de movimiento correspondientes [1]. Este sensor es de tipo capacitivo, donde la capacitancia del elemento sensor interno varía en función de la

aceleración aplicada, consiste en un arreglo mecánico, de tal forma que al exponerse a una fuerza en una dirección se produce un cambio en la capacitancia interna y a la salida entrega un nivel de voltaje referenciado a la alimentación del circuito.

A este acelerómetro se le puede configurar el nivel de sensibilidad usando dos pines, llamados g-select1 y g-select2 [3] [5]. Mediante su configuración, es posible elegir entre 4 niveles de sensibilidad distintos (800mV/g, 600mV/g, 300mV/g, 200mV/g); esto es muy útil ya que dependiendo de nuestra aplicación final, se puede aumentar la sensibilidad para resultados más precisos. Dada la sensibilidad que requiere esta aplicación, se utiliza la configuración estándar de 800mV/g.

El voltaje en reposo del acelerómetro es en corriente directa (CD) y es directamente proporcional a la posición inicial de cada eje, que también es proporcional al ángulo medido con respecto a la horizontal de referencia (poniendo la base del acelerómetro paralela al piso, con el lado donde se encuentran los componentes viendo hacia arriba).

1.2 NI ELVIS II

El ELVIS II de National Instruments [2] es una plataforma diseñada para la adquisición y manipulación de señales a través del software LabVIEW que permite la interacción de dispositivos y señales tanto analógicos como digitales con la computadora mediante puertos de entrada/salida. Cuenta además con una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) con convertidores analógico-digital (ADC) y digital-analógico (DAC) con una resolución máxima de 16 bits que pueden operar de -10 a 10 V.

1.2.1 Adquisición de datos

En este caso, la DAQ de la plataforma NI ELVIS II se configura a una resolución de 16 bits por canal y un CMRR de 90 dB, se toman 100 muestras por canal a 10 KHz. Los canales utilizados son A_0 para el eje X, A_1 para el eje Y, y A_2 para el eje Z. Las muestras tomadas se guardan en una pequeña base de datos para su procesamiento.

1.3 interfaz gráfica

En esta sección se describe la interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW versión 8.6 [1].

1.3.1 Procesamiento de la señal

Se comparan las muestras adquiridas de un canal (designadas como muestras dependientes) con las muestras de otro canal (muestras independientes).

La comparación se realiza de la siguiente manera: muestras de eje Y contra muestras de eje Z, muestras de eje X contra muestras de eje Z, muestras de eje X contra muestras de eje Y. Como resultado de cada comparación, se genera una recta con una inclinación particular.

Se utiliza la regresión lineal para obtener la pendiente de cada recta generada, y cada pendiente obtenida se almacena en una base de datos para su análisis posterior.

Se toman 20 grupos de muestras para cada canal, por lo que se generan 20 pendientes por cada comparación y se promedia para obtener una pendiente promedio para cada comparación.

1.3.2 Despliegue de los resultados

Los resultados se grafican de la siguiente manera: valores de eje Y sobre valores de eje Z, valores de eje X sobre valores de eje Z y valores de eje X sobre valores de eje Y. También se despliega el promedio de las pendientes encontradas. El funcionamiento de la interfaz gráfica descrita en las sub secciones previas se muestra en la figura 2.



Figura 2. Diagrama a bloques de interfaz gráfica.

CARACTERIZACIÓN

Para el estudio y caracterización de los acelerómetros se utiliza un armazón de 3 grados de libertad con graduación angular y el sistema descrito en la sección 2. En la figura 3 se muestra la base de prueba de 3 grados de libertad utilizada.

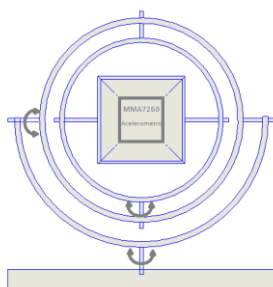


Figura 3. Mecanismo de 3 grados de libertad utilizada para la caracterización del acelerómetro.

3.1 Caracterización del acelerómetro.

El acelerómetro entrega un valor de voltaje para cada inclinación, se estabiliza la salida y permanece en ese valor hasta que nuevamente se mueve de ese estado de inclinación a otra, donde a su salida tendrá otro valor de voltaje, por lo que se logra tener lecturas muy precisas y repetitivas, lo que facilita su caracterización.

Se realizan lecturas del acelerómetro cada 10 grados, desde -60 a 60 grados para cada eje, de inicio se toma la lectura con el acelerómetro puesto en la base de pruebas en forma horizontal, y posteriormente se inclina en dirección de las manecillas del reloj y en sentido contrario, se registra la lectura cada 10 grados de la salida del acelerómetro, para cada eje.

3.1.1 Resultados de la caracterización del acelerómetro

En la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos en las pruebas descritas anteriormente, en las cuales se observa la factibilidad de poder usar los acelerómetros para discernir los movimientos en los diferentes ejes. Se observa que hay cambios sensibles al cambiar la inclinación de los mismos.

En los resultados mostrados en la Figura 4, se toma como referencia a la horizontal (0 grados de inclinación), denominada 0*. Se observa como el acelerómetro se comporta de manera casi lineal, lo cual permite que se pueda ajustar su comportamiento con un nivel de error mediante una recta a través de la regresión lineal.

CARACTERIZACION DE ACELERÓMETRO

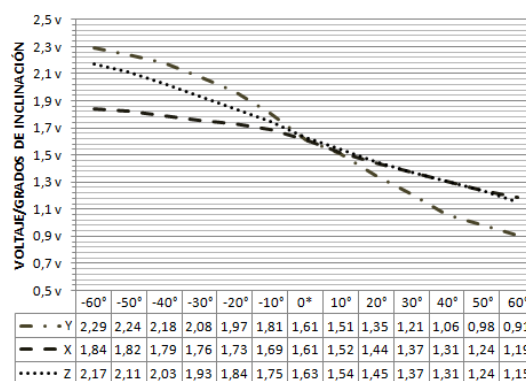


Figura 4. Curvas características y mediciones obtenidas.

3.2 Regresión Lineal

La regresión lineal simple [7] o ajuste lineal simple es un método matemático ampliamente usado para modelar la relación entre una variable dependiente Y, una variable independiente X un término aleatorio ϵ con una línea recta. Este modelo se puede representar como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon,$$

En esta expresión estamos admitiendo que todos los factores o causas que influyen en la variable respuesta Y pueden dividirse en tres grupos: el primero contiene la condición inicial β_0 (también llamada intercepción), el segundo una variable explicativa $\beta_1 X$ (siendo β_1 la pendiente de la recta generada) y el término ϵ incluye un conjunto amplio de factores no controlados que englobaremos bajo el nombre de perturbación o error aleatorio, que provoca que la dependencia entre las variables dependiente e independiente no sea perfecta, sino que esté sujeta a incertidumbre.

3.3 Caracterización del movimiento de cabeza

Debido a que el acelerómetro incorpora tres ejes de medición, se logra obtener mediciones de movimientos en el espacio tridimensional. Esto es significativo ya que debido a este comportamiento particular se logra caracterizar también algunos movimientos de la cabeza, específicamente el movimiento de negación (NO), el de afirmación (SI) y un tercer movimiento denominado indecisión (TALVEZ), los cuales se muestran en la figura 5.



Figura No 5 Izquierda: NO, Centro: SI, Derecha: TAL VEZ.

Para esto, se utiliza una diadema tipo “headset” o audífonos donde se monta el acelerómetro para utilizarse como referencia en una posición inicial como se muestra en la figura 6.

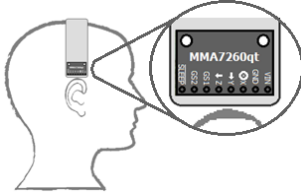


Figura No 6 Posición inicial del acelerómetro.

Se adquiere la señal del voltaje de cada eje del acelerómetro al momento de realizar el movimiento de negación, afirmación e indecisión con los parámetros descritos en la sección 2.2. Los resultados obtenidos se graficaron un eje con respecto a otro (voltaje en eje Y sobre voltaje en eje Z, voltaje en eje X sobre voltaje en eje Z, y voltaje en eje X sobre eje Y).

3.3.1 Resultados de la caracterización del movimiento de cabeza

Comparando estos resultados se puede discernir que existe un patrón para cada uno de los movimientos de cabeza, al obtener la pendiente de cada recta de comparación.

Como caso demostrativo, se tiene la figura 7 que muestra las rectas comparativas del eje X y el eje Z, para dos movimientos: el de NEGACIÓN y el de AFIRMACIÓN:

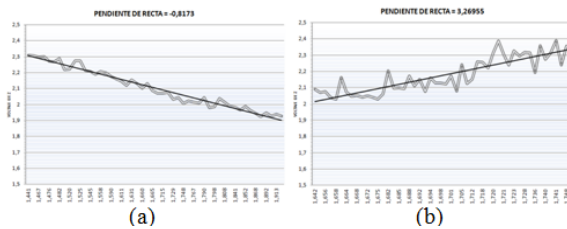


Figura 7. (a) Recta comparativa de eje X y eje Z para movimiento de NEGACIÓN; Pendiente de recta comparativa: -0.81730. (b) Recta comparativa de eje X y eje Z para movimiento de AFIRMACIÓN; Pendiente de recta comparativa: 3.26955. Se muestra la diferencia entre las pendientes obtenidas.

A continuación se muestran las rectas características:

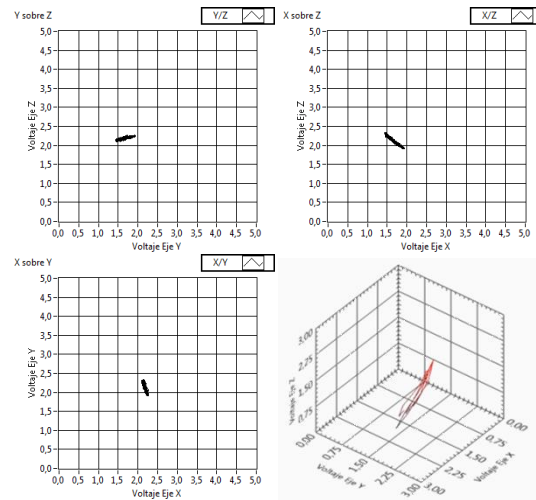


Figura No 8. Caracterización del movimiento NO

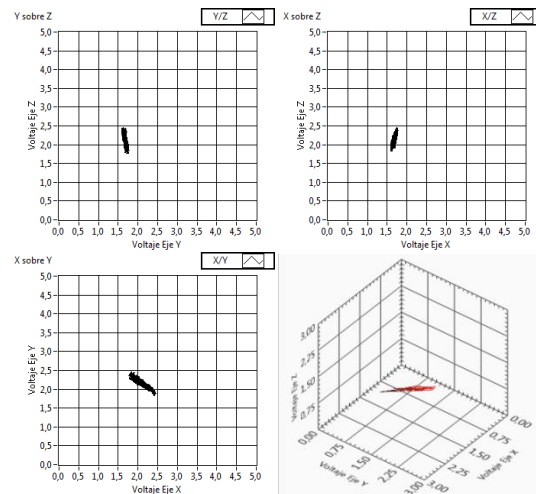


Figura No 9. Caracterización del movimiento SI

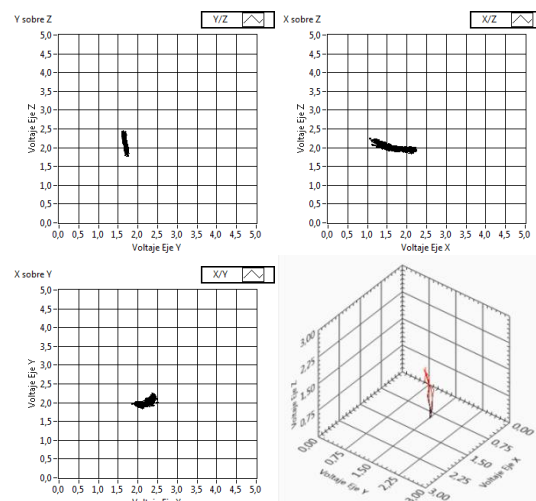


Figura No 10. Caracterización del movimiento TAL VEZ

Las Figuras 8,9 y 10 muestran los resultados de las mediciones efectuadas, comparando el eje Y con el eje Z, el eje X con el eje Z, y el eje X, con el eje Y. También se compara el valor de los tres ejes entre ellos mismos. Se observa cómo en diferentes posiciones iniciales se conserva la pendiente característica de los tres movimientos (SI, NO, TALVEZ), se observa que existe un error al comparar varios movimientos del mismo tipo, producido por factores externos como la velocidad de movimiento, un pequeño cambio en la orientación de la cabeza y los producidos por las etapas de adquisición de datos. Se pretende más adelante, utilizar la correlación entre varias rectas obtenidas del mismo movimiento para determinar la relación entre si y caracterizar también de esa forma el movimiento de cabeza.

Se observa como para condiciones de reposo el comportamiento del acelerómetro es casi lineal en voltaje y sirve de marco de referencia para estimar la posición del mismo. Al acoplar el acelerómetro a una diadema, se puede estimar la posición de la cabeza del usuario de dicha diadema. Además, al usar regresión lineal, se puede discernir qué movimiento tiene la cabeza al comparar los valores de voltaje de los tres ejes entre sí, ya que la pendiente generada es característica para cada movimiento considerado. Por lo que es posible utilizar el acelerómetro para este fin.

Debido a que la pendiente de cada recta de comparación es característica, considerando el error ($\pm 10\%$), se puede discernir en futuros movimientos de cabeza qué movimiento se hizo, al comparar las pendientes de comparación generadas del nuevo movimiento, con las pendientes características obtenidas en esta investigación.

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

La salida del acelerómetro es casi lineal y se puede caracterizar inclusive en grados para cada eje. Aunque el acelerómetro mide aceleración, también es útil para detectar movimiento. Es por eso que se puede lograr la caracterización y detección del movimiento de la cabeza utilizando un acelerómetro de 3 grados de libertad, implementándose a una diadema.

El método utilizado para caracterizar el movimiento de cabeza es el de regresión lineal, que considera un margen de error. Debido al comportamiento del acelerómetro, vale la pena

utilizar también el método de regresión cuadrática o de orden superior para disminuir el error.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de los alumnos: Héctor Manuel Peralta Suchilt del Instituto Tecnológico de Morelia, Saira Lucero Polanco Venegas de la Universidad Autónoma de Nayarit y Luis Ramón Sánchez Villela del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, quienes participaron en el desarrollo de este trabajo a través de su estancia por medio del Verano Científico del Programa Delfín 2012.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] National Instruments Technical Staff, *LABVIEW: User Manual*, National Instruments, 2003.
- [2] National Instruments Technical Staff, *NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISTM II Series) User Manual*, National Instruments, 2011.
- [3] Freescale Semiconductor, “ $\pm 1.5g - 6g$ Three Axis Low-g Micro machined Accelerometer”, MMA7260QT Datasheet, [Revision Marzo 2008].
- [4] Freescale Semiconductor, Appl. Note AN3397, pp. 1-3.
- [5] R.E. Rolon, “*ACELERÓMETRO CON MMA7260QT: Aplicaciones en Comunicaciones y Académicas*” Universidad Tecnológica Nacional, Argentina, Sin Fecha.
- [6] A. Drake, “*Kinect hand recognition and tracking*.” Washington University in St. Louis, U.S.A, 2012.
- [7] D. Montoro. “Regresión Lineal Simple” Mayo, 2008 [Online]
Disponibile:
<http://www4.ujaen.es/~dmontoro/Metodos/Tema%209.pdf>
[Accesado Julio 28, 2012]