

Modelo de equilibrio para agentes robóticos bípedos

Longstaff, Damian; García, Oscar R.; Sosa, Gabriel

Universidad Nacional de Luján

Departamento de Ciencias Básicas

{dlongstaff,ogarcia}@unlu.edu.ar, gabrielsosa@nodolujan.com.ar

Resumen

La necesidad de los robots ha cambiado en los últimos años de automatización industrial a sistemas de robots amigables. La plataforma de robot humanoide PINO es una base interesante para avanzar en el desarrollo de agentes de asistencia al hombre en la vida diaria. En este trabajo se presenta un modelo de sensor que tiene por objetivo determinar la inclinación absoluta de un agente móvil. Se adjuntan las evaluaciones de comportamiento obtenidas empíricamente.

1 –Introducción

Típicamente, los robots tradicionales son usados para la automatización industrial, actúan en ambientes separados de la esfera de las vidas y actividades humanas. A medida que se incrementa la edad promedio de las sociedades, se espera la incorporación de robots que asistan en las actividades del hombre en sus ambientes comunes tales como oficinas, casas y hospitales. En especial, se espera el surgimiento de robots humanoides debido al antropomorfismo, aplicabilidad de la locomoción, comportamiento dentro del ambiente en que vive el hombre, etc. Para cubrir esta demanda, en estos años se han desarrollado una gran variedad de robots humanoides.

Uno de ellos es WABIAN (Waseda Bipedal humANoid) construido por la Universidad Waseda [1]. A WABIAN lo sucedió WABOT-1 (Waseda roBOT-1), el cual es el primer robot humanoide de tamaño normal construido en 1973 en el laboratorio del profesor Kato. Él fue pionero en el desarrollo de robots humanoides y WABIAN es el robot tradicional. WABIAN-RII, tiene un total de 43 grados de libertad, una altura de 1890 [mm], ancho de 902 [mm], y 131.4 [kg] de peso. Tiene una figura humanoide con dos piernas, dos brazos, dos manos, y dos ojos, y es capaz de caminar.

H6 y H7 son robots humanoides construidos por la Universidad de Tokio [2]. H6 mide 1370 [mm] de alto y 590 [mm] de ancho, y tiene 35 gr.de libertad. Su peso es de 55 [kg] gracias al uso de tecnología de aeronaves en el armazón del cuerpo, lo que le proporcionó una estructura fuerte y liviana. H6 y H7 pueden caminar hacia arriba y hacia abajo por escalones de 25 [cm] de alto y pueden reconocer rostros humanos. JOHNNIE [3] es un robot bípedo antropomorfo autónomo construido por la Universidad Técnica de Munich. Es capaz de caminar sobre camino parejo o desperejo y en curvas. Puede caminar a aproximadamente 2 km/hora.

El robot humanoide más impresionante es el robot humanoide HONDA, cuando P2, el segundo prototipo de robot humanoide HONDA, fue mostrado en 1996 después de diez años de investigación en secreto, el mundo de la robótica fue sacudido. P2 es el primer robot humanoide inalámbrico del mundo, que puede caminar y subir y bajar escaleras [4]. Reduciendo las dimensiones de P2 (1820 [mm] de altura, 600 [mm] de ancho, 210 [kg] de peso incluyendo las baterías, 6 grados de libertad/pierna, 7 grados de libertad/brazo, 2 grados de libertad/mano), P3 (1600 [mm] de alto, 600 [mm] de ancho, 130 [kg] de peso incluyendo baterías, 6 grados de libertad/pierna, 7 grados de libertad/brazo, 1 grado de libertad/mano) apareció en 1997 con la misma movilidad que P2 [5]. En 2000, con una nueva reducción sobre P3, ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility) apareció con el tamaño de un niño (1200 [mm] de altura, 450 [mm] de ancho, 43 [kg] de peso incluyendo baterías, 6 grados de libertad/pierna, 5 grados de libertad/brazo, 1 grado de libertad/mano, 2 grados de libertad/cabeza) y nueva tecnología para caminar (i-WALK) [6]. La introducción de la tecnología i-WALK permite a ASIMO caminar continuamente mientras cambia de dirección, y le dio al robot mayor estabilidad en respuesta a movimientos bruscos.

MK.5 es un robot humanoide de tamaño compacto con 24 grados de libertad construido por la Universidad Aoyama Gakuin, con 356 [mm] de altura y 1.9 [kg] de peso [7]. El objetivo es desarrollar robots humanoides móviles compactos, de bajo precio y con posibilidades de expansión. Para lograr esto, todas las articulaciones son conducidas por servo módulos en modelos radiocontrolados como PINO construido por ERATO [8].

Este trabajo es parte de un proyecto de investigación para la creación de un agente robótico humanoide basado en el desarrollo GNU PINO [8]. Esta plataforma robótica cuenta únicamente con el desarrollo de los efectores, por esto la tarea del proyecto es la creación de la lógica de control, modelos de comportamiento y de percepción. En lo que respecta a percepción, la relacionada con el mantenimiento del equilibrio es el objeto del presente trabajo.

2 - Enfoques metodológicos utilizados

Es conocida la importancia del factor equilibrio cuando nos referimos al andar en bípedos. Básicamente el caminar puede considerarse similar a la corrección de una potencial caída. Esta caída es medida por un juego de sensores, entre los cuales son de destacar los relacionados con el mantenimiento del equilibrio.

La idea principal es el desarrollo de un sistema de sensores de equilibrios, cuyos módulos son idénticos salvo por su orientación.

Utilizando un sensor de aceleración el resultado final de la medición es la inclinación absoluta, proporcional al seno de la aceleración sensada.

3 – Procedimientos y resultados iniciales

Para la creación del sensor de equilibrio, se utilizó el integrado ADXL202 de Analog Devices [9][10]. Se trata de un acelerómetro capacitivo de dos ejes con salida digital. La medida de aceleración es informada a través de modulación de ancho de pulso (PWM) el cual es proporcional a la medición. Mediante un microcontrolador se decodifica la señal emitida por el integrado para obtener la aceleración estática en ambos ejes.

Cuando se observa el sensor microscópicamente, se puede apreciar una estructura micromecanizada que parece una "H". Los delgados y largos brazos de la "H" están fijos al sustrato¹. Los otros elementos están libres para moverse, lo forman una serie de filamentos finos, con una masa central, cada uno actúa como una placa de un condensador variable, de placas paralelas.

La aceleración o desaceleración en el eje "SENSOR", ejerce una fuerza a la masa central. Al moverse libremente, la masa desplaza las minúsculas placas del condensador, provocando un cambio de capacidad. Este cambio de capacidad es detectado y procesado para obtener la salida deseada.

Este trabajo se puede dividir en tres tareas:

1. Medición

Fundamentalmente se realiza a partir del acelerómetro en conjunto con ciertos componentes externos pasivos. El mismo realiza la medición de aceleración, la que es transmitida al microcontrolador mediante PWM.

2. Procesamiento de las señales PWM

Se implementó en un microcontrolador PIC 16F877A (8K FLASH) de la familia de Microchip, el cual trabaja a 20 Mhz. Este se encarga de detectar los flancos de subida y bajada de ambas salidas (X e Y) proporcionadas por el acelerómetro y guarda la variación de los mismo mediante el uso de un contador de 16 bits.

¹ Soporte en forma de lámina sobre el que se efectúa la deposición de películas delgadas.

Una vez realizado un muestreo, una serie de cálculos convierten los tiempos obtenidos en la medida de aceleración (Fig.6 y ecuación de aceleración). El acelerómetro es sensible a las variaciones térmicas. Las experiencias fueron realizadas a una temperatura constante de 22° C, el microcontrolador contiene en su memoria de programa constantes obtenidas en la calibración a dicha temperatura.

El código fuente fue realizado en una variante simplificada del lenguaje C para microcontroladores PIC, la detección de los flancos se realizó con ASSEMBLER para ganar eficiencia en el proceso. Finalmente, el microcontrolador transmite mediante el uso de su UART los resultados en formato ASCII.

3. Recepción de datos

La recepción de datos se realiza a 9600 baudios, mediante un software desarrollado en lenguaje Delphi. El mismo permite la visualización de los datos entrantes.

Una vez obtenidos los datos, el programa permite guardar los mismos en formato de texto sin atributos.

Pruebas realizadas

Determinación del ángulo de inclinación de un plano

Inicialmente se realiza la calibración del sensor para calcular las constantes de aceleración a 0 g (cero gravedad) y la sensibilidad (variación de lectura por unidad de g), obteniéndose así cuatro constantes (dos para cada eje). Estas constantes son específicas de cada sensor y dependientes de la temperatura de trabajo.

La calibración se realiza rotando el dispositivo de la Fig. 3, 360 grados a 2 rpm.

Tomando a Y como eje de giro (Figura 3), se determina la inclinación del plano XY (plano horizontal en la figura) a partir de los datos de aceleración de los vectores X+ e Y+ del sensor.

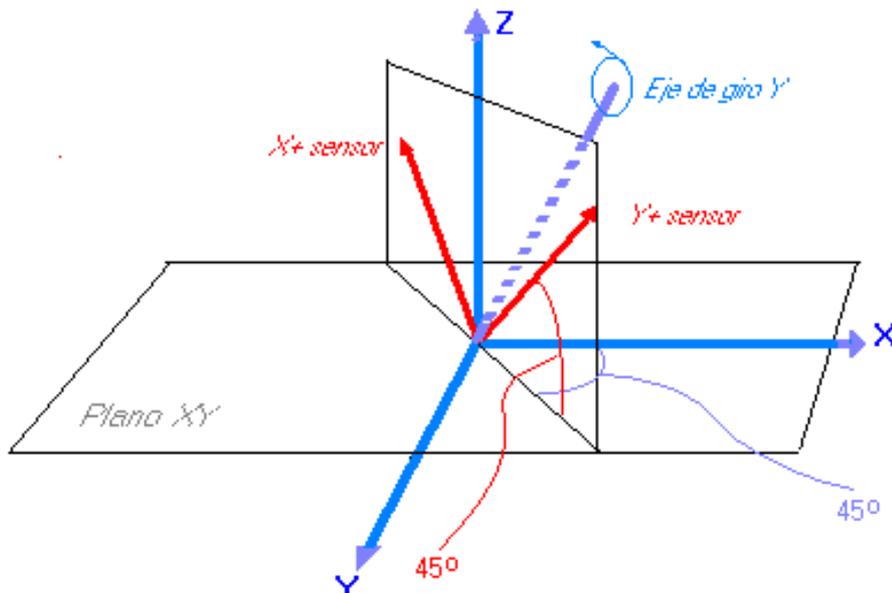


Figura 3 Dispositivo sobre el que se monta el acelerómetro.

Las aceleraciones de los vectores X+ e Y+ del sensor (Fig. 4) sirven de base para el cálculo de inclinación de la proyección en el plano ZX de dichos vectores. A partir de esta información se determina la inclinación del plano XY. (Fig.5)

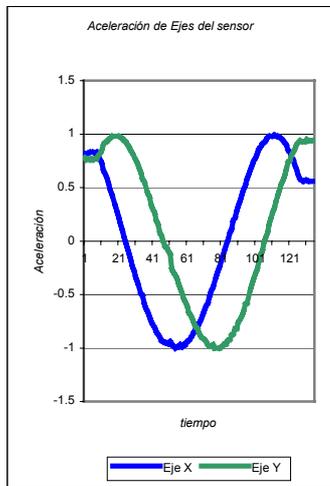


Figura 4 Gráfica de aceleración de vectores X e Y del sensor

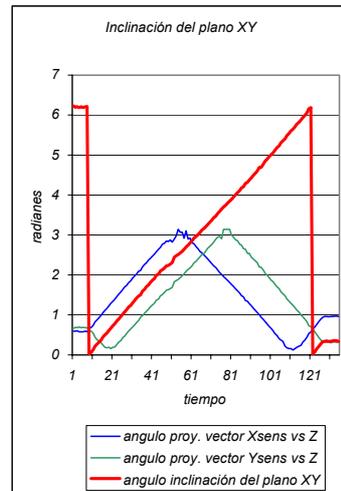


Figura 5 Gráfica de inclinación del plano XY

El cálculo de aceleración de X e Y del sensor se realiza a partir de los tiempos T1x, T1y y T2 generados por el sensor. (Figura 6)

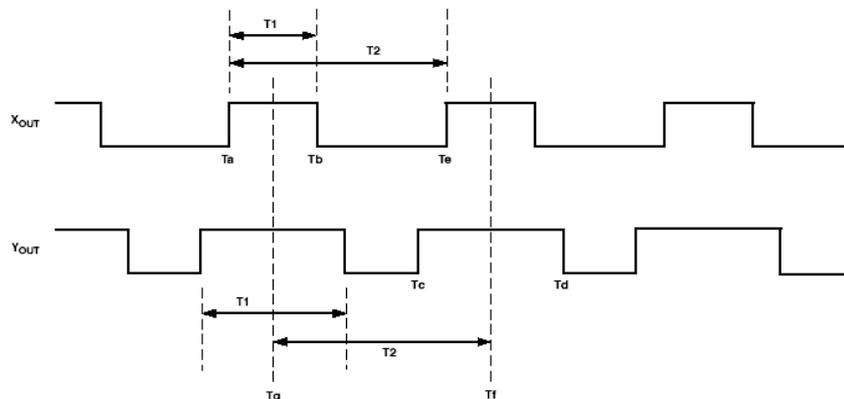


Figura 6 Técnica de decodificación de alta velocidad para el ADXL202

$$\text{Aceleración} = [(T1/T2) - (T1/T2 \text{ a } 0g)] / \text{sensibilidad}$$

4 - Consideraciones finales

Los resultados obtenidos en este estudio indican una buena sensibilidad del dispositivo, los pasos a seguir incluyen el montaje de un sistema de sensores con la misma base de cálculos e integración de señales, y pruebas en condiciones similares a las que se estima estará sometido el agente.

Referencias:

- [1] J. Yamaguchi, E. Soga, S. Inoue, and A. Takanizhi, "Development of a Bipedal Humanoid Robot –Control Method of Whole Body Cooperative Dynamic Biped Walking," Proc. IEEE Int. Conference on Robotics and Automation, pp. 368-374, 1999.
- [2] K. Nishiwaki, T. Sugihara, S. Kagami, F. Kanehiro, M. Inaba, and H. Inoue, "Design and Development of Research Platform for Perception-Action Integration in Humanoid Robot: H6," Proc. Int. Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1559-1564, 2000.
- [3] K. Löffler, M. Gienger, and F. Pfeiffer, "Sensors and Control Concept of Walking 'Johnnie'," The International Journal of Robotics Research, 2003; 22:229-239.
- [4] K. Hirai, "Current and Future Perspective of Honda Humanoid Robot," Proc. IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 500-508, 1997.
- [5] K. Hirai, M. Hirose, Y. Haikawa, and T. Takenaka, "The Development of Honda Humanoid Robot," Proc. IEEE Int. Conference on Robotics and Automation, pp. 1321-1326, 1998.
- [6] M. Hirose, Y. Haikawa, T. Takenaka, and K. Hirai, "Development of Humanoid Robot ASIMO," Proc. Int. Conference on Intelligent Robots and Systems, Workshop2 (Oct. 29, 2001), 2001.
- [7] T. Furuta, Y. Okomura, and K. Tomiyama, "Design and Construction of a Series of Compact Humanoid Robots and Development of Biped Walk Control Strategies," CD-ROM Proc. IEEE-RAS Int. Conference on Humanoid Robots, 84.pdf, 2000.
- [8] F. Yamasaki, T. Matsui, T. Miyashita, and H. Kitano, «PINO The Humanoid that Walks,» CD-ROM Proc. IEEE-RAS Int. Conference on Humanoid Robots, 80.pdf, 2000.
- [9] Application Note AN-604, Analog Devices. www.analog.com
- [10] Application Note AN715, Microchip Technology. www.microchip.com