

# CONTROL DE ROBOT MANIPULADOR MEDIANTE WIIMOTE

J. M. Maestre  
pepemaestre@cartuja.us.es  
J. A. Vicaria Flores  
javicaria@cartuja.us.es  
E.F. Camacho  
eduardo@cartuja.us.es

## Resumen

*La intervención de operadores humanos continúa siendo necesaria para tareas de control. La formación de los operadores hasta que alcanzan un grado de destreza adecuado para llevar a cabo su labor exige una inversión de recursos que en muchos casos no es despreciable. Por tanto, son deseables dispositivos de control que simplifiquen la interacción entre el hombre y la máquina, de modo que las curvas de aprendizaje para los operadores sean lo más sencillas posibles. Justo esto es lo que se pretende con el Wiimote, la interfaz de control de Nintendo para su última consola de sobremesa. En este artículo se muestran las posibilidades de control de este dispositivo y se presenta una aplicación para el control con el mismo de un robot manipulador.*

**Palabras clave:** Wiimote, robot manipulador, dispositivos de control hombre máquina, teleoperación.

## 1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la computación se observa una marcada evolución de los dispositivos de interacción hombre máquina motivada por la necesidad de encontrar mecanismos de control más sencillos e intuitivos. Las aplicaciones lúdicas de estos dispositivos son inmediatas, por lo que la historia de los videojuegos está íntimamente vinculada a la del desarrollo de interfaces de control. El enorme crecimiento experimentado por el sector del entretenimiento justifica que en los últimos tiempos esta industria haya pasado de ser una simple beneficiaria de las innovaciones técnicas a convertirse en un importante motor de la creación de nuevas formas de interacción hombre máquina, muchas de las cuales con gran potencial en otros ámbitos como la robótica, la domótica o la teleasistencia.

A pesar de las dificultades para proporcionar una fecha concreta, se sabe que los primeros dispositivos de interacción fueron desarrollados en los años cincuenta. Se trataba de diseños

exclusivos para funcionar sobre un determinado equipo, normalmente computadores u osciloscopios y, físicamente, consistían en interruptores, conmutadores o potenciómetros. En la década de los setenta se gestaron los primeros joysticks, aunque no fue hasta los ochenta cuando vio la luz el primer dispositivo de control que se convirtió en un verdadero estándar de la industria: el gamepad de la NES (Nintendo Entertainment System). Durante los noventa llegaron los primeros sticks analógicos y se comenzó a trabajar en las novedosas técnicas que han visto la luz a principios de esta década: control mediante webcams y detección de movimientos con sensores ultrasónicos o acelerómetros. A la espera de que los incipientes trabajos en el control mediante ondas cerebrales den sus frutos, entendemos que la detección de movimientos es el camino a seguir hoy en día en la búsqueda de un control más sencillo e inmersivo.

En este artículo aplicaremos las capacidades de detección de movimiento que ofrece el popular Wiimote para el control de un robot manipulador. Este tipo de robots admite diversas formas de manejo. La más básica es el control manual, ya sea a través de la pistola de programación o a través del teclado de un PC conectado al controlador, en la que el robot realiza desplazamientos en función de las teclas pulsadas. Un control más sofisticado se puede realizar mediante la definición inicial de posiciones y variables, que posteriormente son empleadas en el código del programa. Tras la creación de un espacio de memoria para cada posición, es posible trasladar al manipulador hasta la posición deseada con sencillez.

Los mecanismos de control comentados son habituales en los robots manipuladores. Por consiguiente, es necesario proporcionar una formación adecuada a sus operarios, cuya duración media varía según la complejidad del robot. Son deseables por tanto sistemas de operación manual intuitivos, de modo que disminuya la curva de aprendizaje y se minimicen los costes y tiempos asociados a la formación del personal. Esta problemática se encuentra también presente en otras ramas del control en las que la operación y ac-

tuación, tanto de forma local como remota, están presentes.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL WIIMOTE

El Wii Remote, también conocido como Wiimote, es el mando de control principal de la consola Wii de Nintendo. Se trata de un dispositivo sin cables que usa el estándar Bluetooth como protocolo de comunicación. Debido a ello, es posible acceder a la información que envía el mando desde un PC que cuente con un adaptador de Bluetooth.

El Wiimote se basa en el protocolo HID (Human Interface Device) de bluetooth, que se basa en el estándar HID de USB. De esta forma, de cara a cualquier "anfitrión" Bluetooth, se verá como un dispositivo estándar de entrada. Realmente la forma de actuar de un Wiimote no es exactamente la de un dispositivo HID estándar. Esto es, el Wiimote usa un conjunto de operaciones bastante complejo que se transmiten sobre los llamados HID Output Reports. Por otro lado, devuelve diferentes paquetes de datos a través de los Inputs Reports, con los datos de sus periféricos. Pese a estas anomalías, el uso del mando se encuentra bien documentado y existen diferentes librerías para acceder a los datos que envía.



Figura 1: Wiimote.

Lo que convierte al Wiimote en un dispositivo especial es la peculiar forma de interacción que ofrece el usuario. En efecto, el mando cuenta con un chip ADLXL330, que lo dota de tres acelerómetros para captar aceleraciones en los ejes x, y, y z. Dispone además de una pequeña cámara capaz de detectar fuentes de infrarrojos con objeto de poder apuntar dentro de una superficie plana con la ayuda de dos LEDs que actúan como baliza. Asimismo, posee varios botones, un pequeño motor para vibrar, un altavoz, una pequeña EEPROM de 16KB (128 Kb) y un puerto de expansión. Este último permite al Wiimote nuevas funcional-

idades mediante la incorporación al mismo de otros dispositivos como un gamepad clásico, o el Nunchuk, un *add-on* con forma de nuchaku que incrementa sensiblemente las posibilidades de control gracias a otro juego extra de acelerómetros, una palanca analógica de control y dos botones más.



Figura 2: Wiimote y Nunchuk.

Con semejante arsenal tecnológico, cabría esperar un precio alto para el Wiimote. Por fortuna, y debido a su producción en masa (se calcula que en los 6 primeros meses de existencia de la Wii se han vendido cerca de 7 millones de unidades en todo el mundo), puede adquirirse uno por menos de 40 euros, un precio bastante inferior al de ciertos dispositivos con funciones parecidas que pueden adquirirse para labores de investigación. Al bajo precio hay que añadir la ventaja que supone la popularidad de la Wii en Internet, con una gran base de usuarios dedicando esfuerzos a profundizar en el conocimiento de todos sus entresijos y desarrollando todo tipo de software.

### 2.1 ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

Una vez que somos capaces de acceder a los datos que envía el Wiimote, el primer paso a dar es el de calibrar el mando. Para ello asumiremos que la respuesta de los acelerómetros es aproximadamente lineal. En ese caso, las 3 posiciones más sencillas que pueden tomarse para calibrar el mando son las siguientes:

- $(x_1, y_1, z_1)$ : En posición horizontal sobre una superficie plana, con el gatillo B en contacto con dicha superficie y la cara con la cruceta digital y el resto de botones hacia arriba.
- $(x_2, y_2, z_2)$ : En posición vertical sobre una superficie plana, con el sensor de infrarrojos en contacto con dicha superficie y el puerto de expansión a la vista
- $(x_3, y_3, z_3)$ : En posición horizontal sobre una



Figura 3: Movimientos Wiimote.

superficie plana, con el lateral derecho del mando en contacto con dicha superficie.

Debido a que los acelerómetros registran la fuerza de la gravedad, los datos que estaremos recibiendo del mando en esas tres posiciones deben corresponderse con tres vectores de aceleración ortogonales en  $\mathfrak{R}^3$ . Lo deseable desde un punto de vista matemático es contar con una base ortonormal con respecto a  $g$  para trabajar, de forma que aprovechemos que en cada una de las tres posiciones arriba indicadas dos de las tres componentes de cada vector deberían ser nulas en la base ortonormal a la que queremos llegar. Esto nos permite encontrar la correspondencia entre dicho valor nulo y los datos tomados anteriormente:

$$\begin{aligned} x_0 &= (x_1 + x_2)/2 \\ y_0 &= (y_1 + y_3)/2 \\ z_0 &= (z_2 + z_3)/2 \end{aligned}$$

Por tanto, sea  $\vec{r} = \{x, y, z\}$  el vector de datos en bruto que recibimos desde el mando,  $\vec{r}_0 = \{x_0, y_0, z_0\}$  el vector de datos que se correspondería con una fuerza nula en cada eje y  $\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$ , los factores de escala necesarios para normalizar  $\Delta\vec{r}$  serán:

- $k_x = \frac{1}{x_3 - x_0}$
- $k_y = \frac{1}{y_2 - y_0}$
- $k_z = \frac{1}{z_1 - z_0}$

Una vez aplicado el factor de escala al eje correspondiente, deberíamos obtener respectivamente  $\vec{k}, \vec{j}, \vec{i}$  como vectores normalizados de aceleración en las posiciones de calibración anteriormente definidas, dado que, tras el escalado, un valor unitario se corresponderá con una fuerza  $g$  ejercida en esa dirección.

### 3 DESCRIPCIÓN DEL SCORBOT

El Scorbot ER Vplus es un robot manipulador articulado con cinco articulaciones. Si añadimos el control del extremo terminal, el robot posee seis grados de libertad.



Figura 4: Scorbot.

Los movimientos de las articulaciones se describen a continuación:

- Base: gira el cuerpo.
- Hombro: sube o baja el brazo superior.
- Codo: sube o baja el antebrazo.
- Pitch (cabecceo): muñeca, sube o baja la pinza.
- Roll (balanceo): muñeca, gira la pinza.

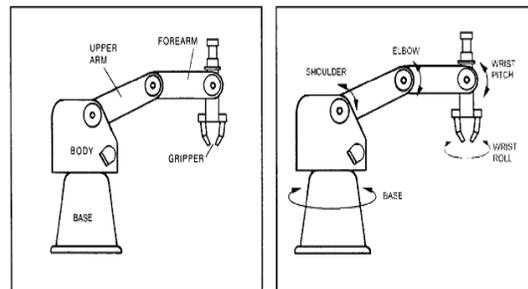


Figura 5: Articulaciones Scorbot.

El controlador del robot cuenta también con 16 entradas (destinadas a recibir señales de dispositivos externos que interactúen con el robot, como sensores, pulsadores, etc.) y 16 salidas (destinadas a transmitir señales hacia los dispositivos externos) de las cuales 4 son a relay y las restantes son de transistor.

En el controlador hay un botón de parada de emergencia, este una vez presionado desconecta el sistema y se enciende una luz roja. También encontramos un botón que desconecta o conecta los motores, así como un conmutador de encendido.

El software usado ATS (Advanced Terminal Software) es una interface para el lenguaje programación empleado, el ACL (Advanced Control Language), sobre entorno DOS. Este software es un emulador de terminal para el acceso al ACL desde una PC.

El ATS permite:

- Forma corta de configurar el controlador.
- Definición de periféricos.
- Editor de programas.
- Backup manager.

Como se ha mencionado el lenguaje que se emplea es el ACL. Es un lenguaje de programación de robots, con las siguientes características:

- Control directo de los ejes robóticos.
- Programación por el usuario del sistema robótico.
- Control de entradas/salidas.
- Fácil gestionamiento de archivos.

Como cualquier lenguaje de programación de robots, el ACL nos permite los dos tipos de sistemas de referencia:

- **Coordenadas joint:** especifican la posición de los ejes robóticos.
- **Coordenadas cartesianas:** especifican la posición del punto terminal del robot (garra), referido al sistema situado en la base del robot.

## 4 APLICACIÓN DESARROLLADA

Nuestra propuesta se basa en el mando de control para la consola Wii de Nintendo, popularmente conocido como Wiimote. Este dispositivo se adecúa perfectamente a nuestras necesidades, ya que fue diseñado con el propósito de simplificar la interacción entre una persona y una máquina. De este modo, el control propuesto se basa en aprovechar los 3 acelerómetros, que captan desplazamientos y rotaciones en el espacio tridimensional, que posee el Wiimote.

Aplicado a nuestro problema, esto se traduce en que el operario que desee controlar el Scorbot en modo manual puede hacerlo sin más que tomar el Wiimote en su mano y moverse. Sus movimientos se traducirán en movimientos del robot hasta que éste llegue a la posición final deseada. Existen dos formas básicas mediante las que se puede llevar a cabo el control gracias a los acelerómetros:

- **Enfoque de integración:** si integramos los valores enviados por los sensores podemos establecer una identificación entre la posición de la pinza del Scorbot y el mando. Se trata de la opción de control más intuitiva, puesto que el Scorbot intentará emular los movimientos que el operario realice. El problema de esta alternativa son los errores de integración. Cualquier error constante en los datos enviados por los acelerómetros derivará en una rampa en velocidad y una función cuadrática en posición. Esta alternativa requiere tener especial cuidado con los datos recibidos y su tratamiento digital dentro del PC.
- **Enfoque giroscópico:** si nos limitamos a estudiar la magnitud de las tres componentes de aceleración que recibimos del mando, estamos en condiciones de establecer la dirección en la que apunta el mismo siempre y cuando se encuentre en movimiento de relativo reposo. Simplemente hay que atender a la forma en la que la gravedad afecta a cada acelerómetro. Esta alternativa ofrece un control menos intuitivo ya que lo que se traducen son movimientos del mando (giros o inclinaciones) en movimientos articulares en los ejes del Scorbot.

La aplicación desarrollada envía y recibe datos a través de la conexión Bluetooth con el Wiimote y del puerto de serie con el controlador del Scorbot. Paradójicamente, esta ha sido la parte más complicada de todo el desarrollo. Una vez conseguido esto, el resto es relativamente sencillo. La aplicación asocia la pulsación de los botones del Wiimote a la transmisión de las órdenes más útiles del Scorbot por el puerto de serie (home, alt+m, alt+x,...). Está preparado también para reconocer tres modos de funcionamiento, en función de los cuales envía las órdenes de movimiento articular al Scorbot:

- **Ajuste grueso:** para mover los ejes 1 y 2.
- **Ajuste fino:** para mover los ejes 1 y 3.
- **Pinza:** cabeceo, giro, cierre y apertura.

En el fondo, el funcionamiento del programa es tan sencillo como realizar un mapeo entre las acciones ejercidas desde el Wiimote y lo que se transmite por el puerto de serie. El propio ATS realiza este mapeo, aunque en su caso lo hace entre pulsaciones de teclas y transmisiones por el puerto de serie.

## 5 CONCLUSIÓN

En este artículo se ha presentado una nueva forma de interacción entre un operador y un robot manipulador. En concreto, se ha utilizado el Wiimote de Nintendo© para realizar movimientos articulares de un Scorbot de forma natural. La producción en masa de este dispositivo lo convierte en un producto muy asequible para el que desarrollar aplicaciones.

La apuesta por técnicas inmersivas de control es necesaria para rebajar costes de formación del personal así como los tiempos de formación del mismo. Por otra parte, cabe esperar que este tipo de control encuentre aplicaciones en otros campos como domótica o telerrobótica.

### Agradecimientos

Los autores quisieran agradecer a Francisco Javier Muros Ponce por su ayuda con el manejo y la documentación de las librerías de control del Scorbot.

### Referencias

- [1] Alastair H. Cummings, (-) The Evolution of Game Controllers and Control Schemes and their Effect on their games, University of Southampton, England.
- [2] Ollero Baturone, Aníbal, (2001) Robótica. Manipuladores y Robots Móviles. Marcombo Editores, Barcelona, España.
- [3] Wiili (2007) <http://www.wiili.org>.
- [4] Nintendo©(2007) <http://www.nintendo.es>.