

Velocidad de Respuesta de Brazo Robótico Utilizando Sensor Kinect

*¹Rodriguez Sánchez Eder Germain, ¹Martinez Gracia Cristian Roberto, ¹Moreno Castro María Viridiana, ¹Jiménez Juárez Jorge Alberto, ¹Banda Sierra Jonathan, ¹Gonzalez Esquivel Arturo, ¹Preciado Prieto Alberto y ^{1,2,3} León Rodríguez Miguel.

¹Universidad Politécnica del Bicentenario, ²Centro de Investigaciones en Óptica, ³Universidad de Santiago de Chile.

*e-mail: erodriguezs_iro@upbicentenario.edu.mx

Resumen

La investigación realizada es acerca de la Realidad Virtual, la realidad virtual es por lo general un mundo virtual generado por ordenador en el que el usuario tiene la sensación de estar en el interior de este mundo. La principal aportación del proyecto es conocer las velocidades o tiempo de reacción entre el procesamiento de información del brazo robótico y el brazo del cuerpo humano. El sistema de experimentación empleado cuenta con un prototipo de brazo robótico, un software de simulación empleado a través de la programación de datos del sensor, y finalmente de la parte humana, es decir, el brazo humano. La imitación de movimientos del brazo robótico con el brazo humano, detectado a través del sensor empleado, nos generó el mayor tiempo de respuesta de 6 ms y velocidad mayor de 73.48 rad/s r respecto a la velocidad media del brazo robótico, estos datos fueron satisfactorios al realizar las pruebas experimentales, obteniéndose el resultado esperado.

Palabras clave: Realidad Virtual, Cinemática Directa, Robótica.

1. Introducción

Desde épocas muy remotas el hombre ha tenido la necesidad de construir maquinas que sean capaces de realizar tareas repetitivas o peligrosas. Los elementos que funcionan automáticamente se utilizan desde épocas tan remotas como la antigua Grecia. Sin embargo, es hasta mediados del siglo XX cuando se lograron materializar los primeros robots industriales [1]. Los robots industriales ocupan un lugar destacado dentro de la automatización de la producción y su protagonismo se ha ido consolidando en los últimos años [2] Después de una caída en las ventas en la década de los noventa, el mercado de robots ha mantenido un crecimiento constante, en especial en Europa y Estados Unidos. Por su parte, Asia y particularmente Japón, sigue siendo líder nivel mundial [3]. Un brazo robótico es un mecanismo con eslabones y articulaciones controladas y/o automatizadas, con funciones parecidas a las de un brazo humano; este puede ser la suma total del mecanismo o puede ser parte de un robot más complejo. Las partes de estos manipuladores o brazos son interconectadas a través de articulaciones que permiten, tanto un movimiento rotacional (tales como los de un robot articulado), como un movimiento translacional o desplazamiento lineal [4], [5]. El movimiento de brazos robóticos simples es por medio de motores. Un motor transforma algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo [6]. Los motores empleados en este trabajo fueron servomotores. Los servomotores se caracterizan por su capacidad para posicionarse con precisión y de forma rápida en la posición deseada, dentro de su intervalo de operación, por medio de una señal PWM de control [6]. El movimiento realizado corresponde con el análisis de la cinemática directa. Este análisis está fundamentado en el álgebra vectorial y matricial para representar y describir la localización de un objeto en el espacio tridimensional con respecto a un sistema de referencia fijo. Dado que, un robot se puede representar como una cadena cinemática formada por objetos rígidos o eslabones unidos entre sí mediante articulaciones, se puede establecer un sistema de referencia fijo situado en la base del robot y describir la localización de cada uno de los eslabones con respecto a dicho sistema de referencia [7].

En esta investigación se reporta una caracterización preliminar usando un sensor Kinect para la imitación de un prototipo de brazo robótico con un brazo real a nivel experimental. Se alcanzó el grado de precisión del 85% en el desarrollo del sistema propuesto, tomando en cuenta las imprecisiones y el tiempo que nos llevó el realizar correctamente el sistema. Con los resultados obtenidos se puede concluir que el tiempo de respuesta nunca llegará a ser cero. Debido a que no se cuenta con un procesador que tenga una respuesta inmediata.

2. Desarrollo

Dentro del laboratorio de la Universidad Politécnica del Bicentenario se realizaron los experimentos en condiciones de iluminación, temperatura y movimientos controlados.

Para iniciar nuestro proyecto nos basamos en el método científico que se muestra en la figura 1.

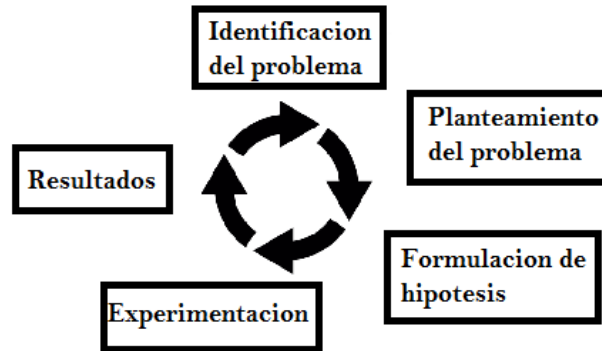


Figura 1 mapa conceptual del método científico.



Figura 2 Brazo robótico (1). Interfaz (2). Sensor Kinect (3). Usuario (4). LaunchPad MSP430 (5). Sistema empleado para la experimentación.

En la Figura 2 se muestra el sistema empleado. Consta del usuario que realizara los movimientos a realizar por el brazo robótico, el sensor Kinect utilizado, del prototipo de brazo robótico, con el cual se definieron restricciones del mismo respecto al brazo real. La Tabla 1 muestra las restricciones mencionadas.

Tabla 1 Restricciones del brazo robótico respecto del brazo real.

Restricciones prototipo de Brazo			
Hombro		Codo	
Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
40°	160°	45°	135°

Como intérprete de comunicación entre el sensor y el sistema que controlan los motores se hizo uso de programación en plataforma Java (Energía y Processing). En la Figura 3 se muestra la tarjeta de desarrollo LaunchPad utilizada para tales fines.



Figura 3 LaunchPad MSP430, microcontrolador utilizado en la comunicación.

El código creado es utilizado para anexar los datos obtenidos por el sensor, a través de Processing para controlar el movimiento del brazo. En la Figura 4 se muestra la interfaz.



Figura 4 Código utilizado en Processing.

Energía es un entorno de desarrollo integrado al estilo Arduino para la placa MSP430 LaunchPad de Texas Instruments. Processing es un software libre con lenguaje de programación java. Con el código empleado en Energía, en la Figura 5 se muestra los ángulos del brazo en la interfaz empleada.



Figura 5 Código utilizado en energía.

Todo esto para realizar la comunicación del sensor, la interfaz y el movimiento del brazo robótico.

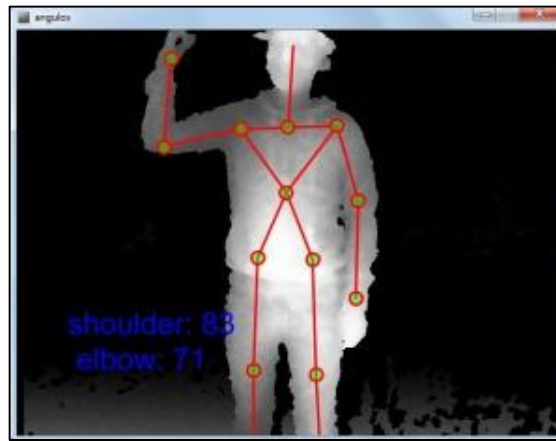


Figura 6 Interfaz que muestra los ángulos de acuerdo a los datos obtenidos del sensor.

El brazo no es de una persona en específico, el sensor es capaz de realizar la esqueletización en cualquier persona e identificar el brazo de la misma transmitir los datos y realizar la imitación.

El flujo de la señal y la interpretación se da de la siguiente manera. El sensor registra las posiciones del usuario (Figura 6). Estos datos son recibidos por el microprocesador, en este caso el LaunchPad, y éste a su vez, transmite la información a los servomotores que controlan el movimiento del brazo robótico.

Una vez que el sistema estaba en funcionamiento completo y las señales se registraban adecuadamente en la interfaz desarrollada, se procedió a realizar las pruebas experimentales. El tiempo de respuesta de dicho brazo, se calculó de acuerdo a 3 diferentes velocidades (v_1 , v_2 , v_3) angulares que se muestran en la Tabla 2. Donde t_i es el tiempo inicial, t_f es el tiempo final, t_t es la diferencia temporal entre t_i y t_f , p_a es el punto inicial y p_b es el punto final.

Tabla 2 Cálculo de velocidades angulares

	t_i	t_f	t_t	p_a	p_b		vel.ang
v_1	00,09,08	00,09,27	00,00,19	90	180	real	82,67 rad/s
	00,09,08	00,10,05	00,00,57	90	210	robótico	36,74 rad/s
v_2	00,12,12	00,12,18	00,00,06	90	180	real	261,78 rad/s
	00,12,12	00,12,28	00,00,16	90	135	robótico	49,08 rad/s
v_3	01,13,13	01,15,11	00,01,58	90	180	real	1,48 rad/s
	01,13,13	01,15,15	00,02,02	90	210	robótico	1,04 rad/s

Las velocidades angulares se calcularon utilizando los datos de los movimientos tanto del brazo real y el robótico. Una vez que se conocen el tiempo que tarda en recorrer una distancia angular del punto A al punto B fácilmente puede ser obtenida la velocidad angular con la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (1)$$

Donde, w es la velocidad angular, θ es la distancia angular recorrida y t es el tiempo.

De igual manera, es posible calcular la velocidad del brazo robótico al tratar de imitar el movimiento humano. Es posible también determinar el tiempo de reacción que tiene el sistema al tratar de realizar los movimientos de imitación.

3. Análisis de resultados

Al realizar las pruebas experimentales se obtuvieron los siguientes resultados. En la Figura 7 se muestra la posición de la persona, la interfaz y registro de posiciones y el prototipo del brazo en ese orden de izquierda a derecha.



Figura 7 Sistema empleado.

Se anexa la comparación de posiciones (grados) entre: el brazo real y el prototipo del brazo con su respectiva gráfica en la Figura 8. Se puede ver que existe una diferencia de 5° en la posición mínima para el brazo y 4° para el codo que tendremos que considerar para una posterior calibración en la determinación de la exactitud. En la Tabla 3 se muestran las comparaciones entre los ángulos obtenidos tanto del brazo robótico como el brazo de la persona. Respecto a los grados de libertad que tiene el hombro humano, son muy parecidas.

Tabla 3 Tabla de comparación de las posiciones entre el brazo del prototipo y el real.

Brazo Real			
Codo		Hombro	
Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
30°	176°	0°	180°
Prototipo Brazo			
35°	180°	0°	180°

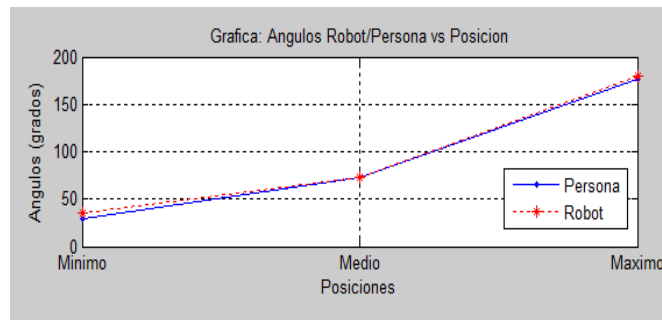


Figura 8 Gráfica de comparación de ángulos

Se muestra la primera velocidad tomada de ambos brazos y el tiempo que tardan ambos en realizar el movimiento, de un ángulo de 90° a 180°. En la figura 9 se muestra de manera gráfica claramente la diferencia entre velocidades, y los datos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Datos de la velocidad 1

Tiempo		105	2
Brazo real		1.9	0
Brazo robótico		1.8	1.
		8 rad/s	04 rad/s
inicia en 90 grados y termina en 180 (ambos)			

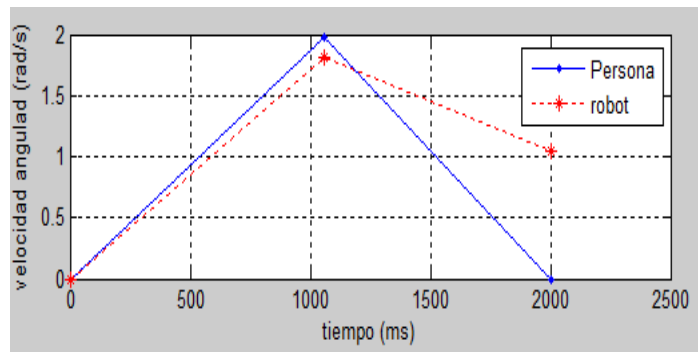


Figura 9 Comparación velocidad 1 (velocidad lenta).

En la comparación de la velocidad 1, ambas velocidades son muy parecidas ya que el brazo de la persona se mueve lentamente en un tiempo de aproximadamente 2 segundos y cuando el brazo de la persona ya llego al ángulo de 180 el brazo robótico sigue moviéndose es por esto que se aprecian dos velocidades del brazo robótico, una en la posición final del brazo de la persona y la otra en la posición final del brazo robótico. A continuación se muestra la Tabla 5 con los datos de la velocidad 2, con su respectiva grafica (Figura 10).

Tabla 5 Datos de la velocidad 2

Tiempo		19 ms	57
Brazo real		82.67	0
Brazo robótico		73.48	36.74
		rad/s	rad/s
inicia en 90 grados y termina en 180 (210 brazo robótico)			

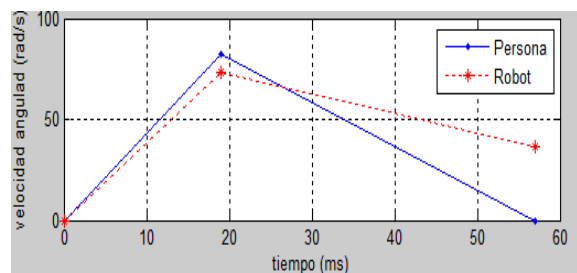


Figura 10 Comparación velocidad 2 (velocidad media).

Como se puede observar, al aumentar la velocidad, la diferencia de reacción se hace mayor. Ambas velocidades se van dispersando un poco más. Por último, la Tabla 6 y la Figura 11 es cuando la diferencia de velocidad de reacción aumenta en gran magnitud.

Tabla 6 Datos de la velocidad 3

Tiempo		6 ms	16 ms
Brazo real		261.78 rad/s	0
Brazo robótico		0	49.08 rad/s
inicia en 90 grados y termina en 180 (135 el brazo robótico)			

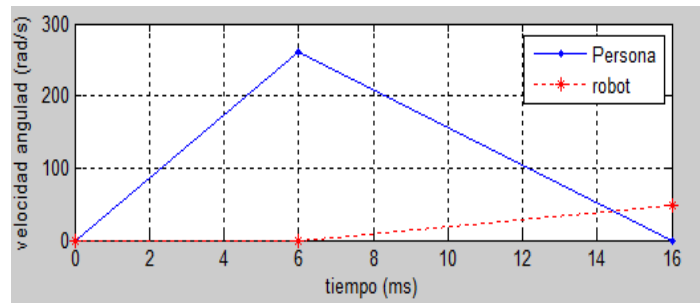


Figura 11 Gráfica de comparación velocidad 3.

El brazo robótico no reacciona de manera adecuada, ya que mientras el brazo de la persona completa su recorrido hasta el final y regresa a su posición inicial en 6 milisegundos, el brazo robótico solo alcanza el 64% del rango máximo de posición en el mismo lapso de tiempo y regresa a su posición inicial.

4. Conclusiones

De acuerdo a las pruebas experimentales que se realizaron se concluyó que el tiempo de respuesta de un prototipo de brazo robótico contra la velocidad promedio de un brazo real, no será la misma, aunque el tiempo de respuesta sea mínimo, no es posible que sea cero.

Además de que al aumentar la velocidad del brazo real, el tiempo de respuesta del brazo robótico es menor y tiende a omitir algunas acciones y esto se debe a que el tiempo en enviar los datos entre las interfaces es lo grande como para no reaccionar al instante. Como nueva herramienta el sensor Kinect en la realidad virtual es presentado. Es necesario realizar pruebas exhaustivas tanto en su caracterización como en la precisión del sistema. También se presenta las herramientas de Energía y Processing para la obtención de datos provenientes del Kinect.

5. Bibliografía

- [1] Groover M. "*Industrial robotics*", Ed. Mc. Graw Hill, 1986.
- [2] Talley, T.J., Using a state-wide high school robotics competition as the basis for a capstone design experience in electrical engineering, *Frontiers in Education Conference*, 1997, 775 - 777
- [3] Enrique Ruiz-Velasco Sánchez, "Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología", Ediciones Díaz de Santos, 2007.
- [4] Aníbal Ollero Baturone, "Robótica: manipuladores y robots móviles", Marcombo, 2001.
- [5] Pierre López, Jean-Numa Foulc, "Introducción a la robótica", Arcadia, 1987.
- [6] David González Calleja, "MOTORES CFGM", Editorial Paraninfo, 2011.
- [7] Juan Boned Tur, "Estudio de la cinemática directa e inversa de un robot móvil para el seguimiento de trayectorias arbitrarias", Universitat de Barcelona. Departament d'Electrònica, 2009.