

Desarrollo de un Simulador para el Robot SCARA utilizando SolidWorks y LabView

VÁZQUEZ-CUEVAS, Ignacio†*, LÓPEZ-CORELLA, José, HERNÁNDEZ-RUIZ, Sergio, y HERRERA-VELARDE, Maribel

Instituto Tecnológico de Nogales

Recibido 3 de Abril, 2017; Aceptado 8 de Junio, 2017

Resumen

Este artículo presenta la aplicación de los programas SolidWorks y LabView, para la creación de un simulador del robot SCARA (3 GDL) utilizando matrices de transformación Homogéneas aplicando el Algoritmo Denavit-Hartenberg, para el modelo matemático de la cinemática directa se utilizó Matlab para la solución de las matrices homogéneas, posteriormente se tomaron estas ecuaciones para usarlas en LabVIEW. El modelado matemático de la cinemática inversa se utilizó métodos geométricos, de la misma manera se tomaron estas ecuaciones y se utilizaron en LabVIEW usando la herramienta *formula node*. Los SCARA's son generalmente más rápidos y sencillos que los sistemas comparables de robots cartesianos. Este robot es ampliamente aplicado en labores industriales de localización, captura e inserción en la industria actualmente. La simulación es una herramienta imprescindible para reproducir los fenómenos físicos del robot, ya que permite estudiar y analizar a detalle los aspectos físicos y prácticos, básicamente es un proceso previo a la etapa experimental donde es posible entender los conceptos claves de la Robótica y la Mecatrónica.

LabView, solidWorks, SCARA

Abstract

This article presents the application of the SolidWorks and LabView programs, for the creation of a SCARA robot simulator (3 GDL) using Homogeneous transformation matrices applying the Denavit-Hartenberg algorithm for the mathematical model of the direct kinematics these equations were taken to Use them in LabVIEW. The mathematical modeling of the inverse kinematics was used geometric methods, in the same way these equations were taken and they were used in LabVIEW using the formula node tool. SCARA's are generally faster and simpler than comparable systems of Cartesian robots. This robot is widely applied in industrial tasks of localization, capture and insertion in the industry at present. Simulation is an essential tool to reproduce the physical phenomena of the robot, since it allows to study and analyze in detail the physical and practical aspects, basically it is a process prior to the experimental stage where it is possible to understand the key concepts of Robotics and Mechatronics any accidents or unnecessary electrical energy costs.

LabView, solidworks, SCARA

Citación: VÁZQUEZ-CUEVAS, Ignacio, LÓPEZ-CORELLA, José, HERNÁNDEZ-RUIZ, Sergio, y HERRERA-VELARDE, Maribel. Desarrollo de un Simulador para el Robot SCARA utilizando SolidWorks y LabView. Revista de Innovación Sistemática 2017. 1-2:1-8

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ing.ignacio.javier@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La geometría especial de robots industriales; es un brazo planar antropomórfico con dos articulaciones rotacionales y la tercera articulación es prismática o lineal para manipular objetos. Esta configuración aprovecha las ventajas que proporciona el robot antropomórfico de 2 GDL moviéndose en el plano horizontal; en este caso la energía potencial es constante, la estructura mecánica es de alta rigidez para soportar cargas en forma vertical y para control de fuerza. La configuración SCARA es adecuada para tareas de ensamble con pequeños objetos.



Figura 1 Robot SCARA

Fuente: mitsubishielectric.com

Metodología de Denavit-Hartenberg

Según Denavit-Hartenberg se puede hacer este análisis haciendo uso únicamente de 4 parámetros implícitos en la geometría del robot, estos parámetros son necesarios en la matriz de transformación homogénea la cual representa el movimiento de un eslabón, por lo tanto para representar el movimiento de las 3 articulaciones serán necesarias 3 matrices de transformación homogénea. La matriz de transformación homogénea propuesta por Denavit – Hartenberg para la solución de este modelo se muestra en la figura 2

$$\begin{aligned}
 H_{i-1}^i &= H_{R_{i-1}}(\theta_i)H_{T_{i-1}}(d_i(\beta_i))H_{R_{i-1}}(l_i)H_{R_{i-1}}(\alpha_i) \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & 0 \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i(\beta_i) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha_i) & -\sin(\alpha_i) & 0 \\ 0 & \sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) \cos(\alpha_i) & \sin(\theta_i) \sin(\alpha_i) & l_i \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) \cos(\alpha_i) & -\cos(\theta_i) \sin(\alpha_i) & l_i \sin(\theta_i) \\ 0 & \sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & d_i(\beta_i) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Figura 2 Representación Denavit-Hartenberg cada transformación homogénea

Fuente: Reyes, Fernando (2012), MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica

De esta matriz representa lo largo del eslabón al que se esté haciendo referencia en el subíndice i, d_i es la distancia entre articulaciones, es decir, es cuando el eslabón no está unido exactamente a la base del motor, existe una distancia representada por este parámetro, si este perno o distancia está desfasado un determinado ángulo este se representa mediante α_i , finalmente θ_i representa el ángulo de giro de la articulación, es decir, el ángulo que gira el motor del eslabón i. En este ejemplo, se conocen los parámetros de las articulaciones del Robot SCARA como se muestra en la tabla 1.

Eslabón	l_i	α_i	d_i	θ_i
1	0	0	$l_1 + \beta_1$	q_1
2	l_2	π	β_2	q_2
3	l_3	0	d_3	0

Tabla 1 Parámetros DH del robot SCARA

Fuente: Reyes, Fernando (2012), MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica

Matrices De Transformación Homogénea

Entonces las respectivas matrices homogéneas de cada articulación del robot SCARA según la tabla mostrada anteriormente se puede observar en la figura 3.

$$\begin{aligned}
 H_0^1 &= H_{R_{01}}(q_1) H_{T_{01}}(l_1 + \beta_1) H_{T_{01}}(l_2) H_{R_{01}}(0) \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 & l_2 \cos(q_1) \\ \sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & l_2 \sin(q_1) \\ 0 & 0 & 1 & l_1 + \beta_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 H_1^2 &= H_{R_{21}}(q_2) H_{T_{21}}(\beta_2) H_{T_{21}}(l_3) H_{R_{21}}(\pi) \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(q_2) & \sin(q_2) & 0 & l_3 \cos(q_2) \\ \sin(q_2) & -\cos(q_2) & 0 & l_3 \sin(q_2) \\ 0 & 0 & -1 & \beta_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 H_2^3 &= H_{R_{32}}(0) H_{T_{32}}(d_3) H_{T_{32}}(0) H_{R_{32}}(0)
 \end{aligned}$$

Figura 3 Matrices homogéneas de las articulaciones del robot SCARA

Fuente: Reyes, Fernando (2012), MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica

Las matrices homogéneas mostradas anteriormente es la representación geométrica de cada eslabón, pero como los robots son mecanismos eslabonados se requiere saber la posición de cada eslabón respecto al anterior, esto se obtiene multiplicando las matrices homogéneas de cada eslabón de forma consecutiva, como se puede observar en la figura 4.

$$\begin{aligned}
 H_0^3 &= H_0^1 H_1^2 H_2^3 \\
 &= \begin{bmatrix} \cos(q_1 + q_2) & \sin(q_1 + q_2) & 0 & l_2 \cos(q_1) + l_3 \cos(q_1 + q_2) \\ \sin(q_1 + q_2) & -\cos(q_1 + q_2) & 0 & l_2 \sin(q_1) + l_3 \sin(q_1 + q_2) \\ 0 & 0 & -1 & l_1 + \beta_1 + \beta_2 - d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Figura 4 Multiplicación de matrices homogéneas

Fuente: Reyes, Fernando (2012), MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica

Las matrices homogéneas tienen una dimensión 4x4 que representa la rotación y posición de las articulaciones como se muestra en la figura 5, el vector de traslación es de 3X1 nos da como resultado la posición del eslabón, por lo tanto la ecuación final se muestra en la figura 6.

$$\begin{aligned}
 H_0^1 &= \begin{bmatrix} R_0^1 & d_0^1 \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \text{Matrix de} & \text{Vector de} \\ \text{rotación} & \text{traslación} \\ \dots & \dots \\ 0^T & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Figura 5 Matriz homogénea

Fuente: Reyes, Fernando (2012), MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} = f_R(q) = \begin{bmatrix} l_2 \cos(q_1) + l_3 \cos(q_1 + q_2) \\ l_2 \sin(q_1) + l_3 \sin(q_1 + q_2) \\ l_1 + \beta_1 + \beta_2 - d_3 \end{bmatrix}$$

Figura 6 Modelo De La Cinemática Directa

Fuente: Reyes, Fernando (2012), MATLAB aplicado a Robótica y Mecatrónica

Cinemática Inversa

Las cinemática inversa se resolvió utilizando métodos geométricos como se pude observar en las siguientes ecuaciones.

$$\begin{aligned}
 q_2 &= \cos^{-1} \left(\frac{x_0^2 + y_0^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2l_3} \right) \\
 q_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{y_0}{x_0} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{l_3 \sin q_2}{l_2 + l_3 \cos q_2} \right) \\
 d_3 &= l_1 + \beta_1 + \beta_2 - z_0
 \end{aligned}$$

Diseño del Robot en SolidWorks

Se crearon las piezas del robot en SolidWorks, se realizaron sub-ensamblajes de las articulaciones del SCARA, posteriormente se realizó un ensamblaje completo del robot para poder medir las distancias de las articulaciones con el fin de crear el simulador del robot en LabView, con estos diseños se crearon los archivos con formato “WRL” la cual es un tipo de formato que utiliza LabView para poder crear objetos 3D, las piezas creadas se pueden observar en la tabla 2.

Nombre	Pieza	Descripción
ensamblaje1eslabon1		Base fija del robot
ensamblajeeslabon2		Primera articulación giratoria del robot SCARA
ensamblajeeslabon3		Segunda articulación del robot SCARA
lapiz		Actuador prismático del robot SCARA

Tabla 2 Descripción las piezas en SolidWorks

Fuente:propia

Desarrollo del simulador en LabView

Se crearon SubVI para los modelos matemáticos utilizando las ecuaciones anteriormente mencionadas, en la figura 7 se muestra la SubVI de la cinemática directa el cual recibe como parámetros de entrada la información de los eslabones (tamaño y articulación actual), este sub-programa da como resultado la posición XY de los eslabones, así como las gráficas de los eslabonamientos en el plano XY y en XYZ, en la figura 8 se muestra el programa en diagrama de bloques utilizado la herramienta “Formula node”.



Figura 7 SubVI de cinemática directa

Fuente: propia

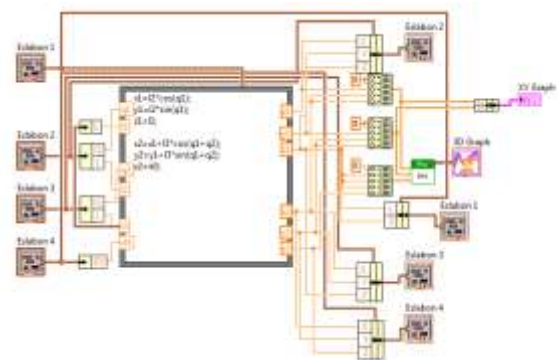


Figura 8 Diagrama de bloques de la SubVI de cinemática directa

Fuente: propia

En la figura 9 se puede observar la SubVI de la cinemática inversa del robot SCARA, este subprograma recibe como parámetros la coordenada en XYZ y nos da como resultados las articulaciones en grados de cada eslabón, en la figura 10 se puede observar el programa en diagrama de bloques.

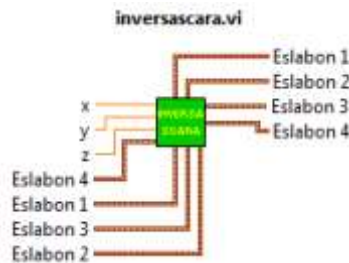


Figura 9 SubVI de cinemática inversa

Fuente: propia

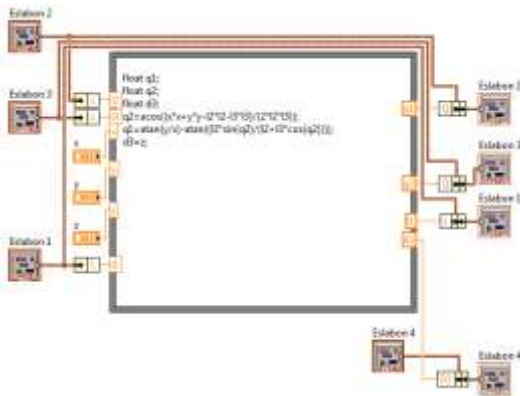


Figura 10 Diagrama de bloques de la SubVI de cinemática inversa

Fuente: propia

Graficar en Labview el robot en 3D

Se utilizó las herramientas de “3D picture control” para graficar el robot en un ambiente de 3D, también se utilizaron otras herramientas para crear la SubVI “Robot 3D” que facilita la programación del mismo, en la tabla 3 se explica las funciones utilizadas para realizar la SubVI.

Nombre de VI	Figura	Descripción
3Dsimulacionscara		Función que grafica el robot en 3D
First call?		Indica que una subVI o sección de un diagrama de bloques se ejecuta por primera vez
Path		Devuelve la ruta del archivo de la VI actual
Strip Path		Devuelve el último nombre del componente de la ruta de acceso y el camino despojado que conduce a ese componente.
Build Path		Crema una nueva ruta añadiendo un nombre a una ruta existente.
Load VRML File VI		Carga un modelo de objeto tridimensional guardado en formato Virtual Reality Modeling Language (VRML) para mostrar en una escena 3D. Los archivos VRML aparecen con una extensión de .wrl.
Create Object VI		Crema un nuevo objeto 3D para mostrar en la escena 3D.
Invoke Node (Add Object)		Agrega el objeto a la escena
Setup Camera Method		Especifica la posición de la cámara con respecto a la escena.
3D Picture Control		Venta de visualización de la escena de 3D
Find Object VI		De la escena 3D busca el objeto con el nombre de referencia y devuelve el objeto en la escena con un nombre coincidente.
Clear Transformation VI		Borra las transformaciones aplicadas previamente a un objeto en una escena 3D
Degree to radians		Cambia el ángulo de grados a radianes
Rotate Object VI		Gira un objeto de una escena 3D por los valores del eje y el ángulo. Este VI realiza una rotación relativa de la posición actual del objeto.
Translate Object VI		Traslada un objeto de una escena 3D por el vector que se especifique. Este VI realiza una traslación relativa de la posición actual del objeto.

Tabla 3 Funciones para crear la SubVI “Robot 3D”

Fuente:propia

El programa de la SubVI Robot 3D se encuentra dentro una estructura case, la cual tiene dos estados, verdadero y falso, se utilizó la función llamada “First call?” como se explica en la tabla 3 esta función es verdadera cuando se ejecuta por primera vez. Cuando se ejecuta por primera vez la función Robot 3D se abren todos los archivos con formato “WRL” creados en SolidWorks y posteriormente se hace el ensamblaje, esta sección del programa se puede ver en la figura 11. En la figura 12 se puede ver el programa de la estructura case cuando es falso (cuando el programa esta ciclado) en esta sección de programa se utiliza para crear las rotaciones del robot usando los controladores numéricos de los 3 GDL. En la figura 13 se observa la gráfica del robot en 3D usando el indicador *3D picture*.

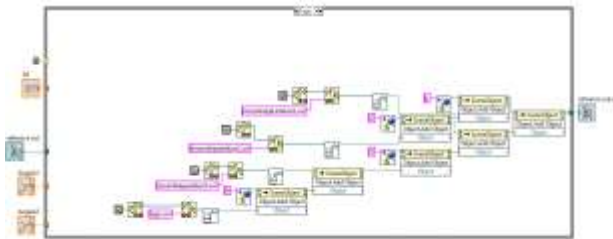


Figura 11 Estructura case verdadera de la SubVI Robot 3D

Fuente:propia



Figura 12 Estructura case falso de la SubVI Robot 3D

Fuente:propia

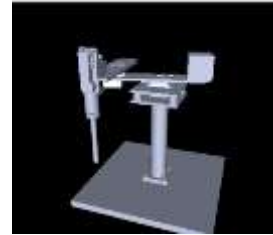


Figura 13 Gráfica del robot con elementos 3D

Fuente:propia

Resultados

Se desarrolló el simulador del robot SCARA utilizando las funciones creadas, en la figura 14 se muestra la interfaz del robot en la que el usuario puede interactuar con el simulador utilizando los controladores e indicadores de LabView, los resultados más importantes del simulador son las Gráfica en 3D y la Gráfica en XY en vectores, estos visualizadores muestran la animación del robot, la grafica en 3D se visualiza el robot con las piezas creadas en SolidWorks. El programa tiene la opción de agregar las posiciones en una tabla en las que se articula, la simulación del robot comienza cuando se presiona el botón de “inversa”



Figura 14 Interfaz de usuario del simulador

Fuente:propia

En la figura 15 se puede observar el programa en diagrama de bloques, se puede notar el uso de las SubVI anteriormente explicadas.

El programa principal de la cinemática inversa utiliza una estructura case, en la cual genera una animación del robot de forma lineal interpolando los puntos capturados dentro de la tabla, la animación de la cinemática inversa corre cuando se presiona el botón de “inversa” entrando en estado verdadero la estructura case, dentro de este estado se utiliza un ciclo for para recorrer los puntos de la tabla en forma consecutiva, en este ciclo crea una interpolación de forma lineal de la posición actual del robot al punto que se toma de la tabla. Se realizó un ejemplo formando las letras “ITN” visto en la figura 14.

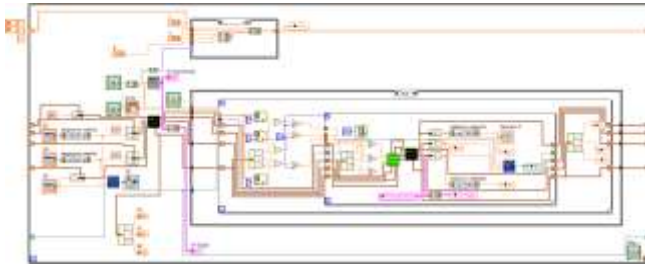


Figura 15 Diagrama de bloques del programa

Fuente:propia

Conclusiones

Con este proyecto se pudo comprobar la aplicación del LabView para el desarrollo de robots utilizando las piezas creadas en SolidWorks. Cabe destacar que al utilizarse métodos meramente geométricos y trigonométricos, como fue en este caso en la cinemática inversa, la programación no fue tan robusta; sin embargo, es importante saber que existen también otros métodos más iterativos, como lo son los numéricos y que análogamente conllevan a los mismos resultados al buscar solución para cada punto solicitado por el operador.

Se puede decir que se creó un teach pendant (controlador de posiciones de articulaciones y traslación de herramienta) virtual a través del software de análisis experimental LabView, el cual permitió manipular al robot SCARA de manera directa en cada una de sus articulaciones y elemento prismático (herramienta), o inversa trasladando la punta de la herramienta desde un punto inicial hasta el solicitado, resolviendo la trayectoria trigonométricamente, como se mencionó anteriormente.

El uso de SolidWorks fue de mucha utilidad para la creación de los archivos con formato “WRL”, que básicamente este formato es fácil de utilizar para graficar el simulador con objetos 3D.

Referencias

Fernando Reyes Cortés. (2012). MATLAB Aplicado a Robótica y Mecatrónica. Mexico DF.: Alfaomega

Jorge A. “Fundamentals of Robotic Mechanical System. Theory, Methods and Algorithms”. Springer- Verlag. New York. 1997.

Modeling and control of Robot Manipulators: Lorenzo Sciavico, Bruno Siciliano, Ed. Mc. Graw Hill. 1996..

Lázaro Antonio. LabVIEW 6i: programación gráfica para el control de instrumentación. Editorial Paraninfo. Segunda edición, 2001.

Página web de National Instrument:
<http://www.ni.com/labview/>

Iván Oswaldo Luna Rodríguez, Representación gráfica del Robot CRS A465 y Simulación Computacional de la Cinemática Directa mediante LabVIEW. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Enero 2008.

Referencias

Melgosa S. (2011). Guía de Termografía infrarroja. Madrid: Gráficas Arias Montano.

Balageas D.. (2007). Termografía Infrarroja. 2016, de Asociación argentina de Ensayos No Destructivos y estructurales Sitio web: <http://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/128.pdf>

Centro de Formación de Infrarrojos. (2011). Guía de termografía Para Mantenimiento Predictivo. 2016, de FLIR Sitio web: http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820264/T820264_ES.pdf
<http://www.conevyt.org.mx/>. (2011). Uso de Instrumentos de Medición. 2016, de <http://www.conevyt.org.mx/> Sitio web: http://www.conevyt.org.mx/educamb/guias_emprendizaje/uso_instrumentos.pdf

Carrión, J., Cuenca, J., Orellana, D.& Carvajal, r.. (2014). balanceo de circuitos de Distribución primaria. 2016, de CEDAMAZ Sitio web: http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-12-1/art_10.pdf

Muhamad H.. (2004).Electrónica de Potencia. Estado de México. Pearson education.
Harry M.. (2011). Electricidad. México D.F. LIMUSA

Stephen D.. charles K.,& Fitzgerald A., (2003). Maquinas eléctricas. Mexico D.F: Mc Graw Hill.

Champan S., (2012). Maquinas eléctricas. México D:F,:Mc Graw Hill.

Maloney T., (2006). Electrónica industrial moderna. México D.F, Pearson education.