

PROGRAMACIÓN DE UNA TAREA DE INSPECCIÓN CON ONDAS ULTRASÓNICAS USANDO EL ROBOT MANIPULADOR NACHI MZ04

Ledesma Rodriguez Victor Manuel (1), Balvantin García Antonio de Jesús (2)

1 [licenciatura en ingeniería mecánica, Universidad de Guanajuato] | [v.m.ledesma@outlook.com]

2 [Departamento de ingeniería mecánica, división de ingenierías, campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [antonio.balvantin@gmail.com]

Resumen

En el presente trabajo se propone la generación y programación de una tarea específica para el robot industrial NACHI ® modelo MZ04, la cual consistirá en el seguimiento de una trayectoria diseñada para inspección y escaneo de diferentes tipos de probetas utilizando el método de ultrasonido por inmersión. La programación de la tarea de inspección fue realizada a través de enseñanza y ejecución es decir "Teach & Playback" acción realizada directamente a través del programador de mano "Teach Pendant" perteneciente a la unidad de control NACHI ® modelo CFD la cual es la encargada de regular el comportamiento global del robot, la comunicación entre el robot industrial y el equipo de ultrasonido se logró por medio del PLC (controlador lógico programable) que forma parte de la unidad de control del robot. La trayectoria de escaneo seguida por el robot fue constituida por 144 puntos igualmente espaciados, con una distancia de 7 mm de centro a centro, los puntos formaron una matriz cuadrada que cubrió una superficie de escaneo de 64 cm², que fue recorrida renglón por renglón en forma alternada con el propósito de facilitar la posterior construcción de la imagen generada a partir de la totalidad de las señales capturadas.

Abstract

This work proposes the generation and scheduling of a specific task for the NACHI ® industrial robot model MZ04, which will consist of tracking a path designed for inspection and scanning of different types of specimens using the immersion ultrasound method. The programming of the inspection task was done through teaching and execution ie "Teach & Playback" action performed directly through the hand programmer "Teach Pendant" belonging to the control unit NACHI ® model CFD which is in charge To regulate the overall behavior of the robot, the communication between the industrial robot and the ultrasound equipment was achieved by means of the PLC (programmable logic controller) that is part of the control unit of the robot. The scanning trajectory followed by the robot consisted of 144 equally spaced points, with a distance of 7 mm from center to center, the points formed a square matrix that covered a scanning surface of 64 cm², which was traversed point by point in Form zap zip for the purpose of facilitating the subsequent construction of the image generated from all the captured signals.

Palabras Clave

Robot industrial; trayectoria de escaneo; ultrasonido por inmersión; C-scan; PLC (controlador lógico programable); Teach pendant.

INTRODUCCIÓN

El hombre siempre se ha sentido fascinado por las máquinas y dispositivos que son capaces de imitar los movimientos de los seres vivos. La palabra robot fue utilizada por primera vez en el año de 1921, por el escritor checo Karel Čapek en su obra Rossum's Universal Robot (R.U.R). El origen de la palabra robot proviene de la palabra eslava robota que se refiere al trabajo realizado de manera forzada [1].

Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar diversas tareas además posee ciertas características antropomórficas [2]. De esta manera, un robot industrial es un brazo mecánico o manipulador, el cual está constituido físicamente de eslabones mecánicos interconectados por medio de articulaciones [2]. La automatización por medio de robots puede asegurar una calidad constante y la capacidad de realizar de forma precisa tareas altamente repetitivas [3,4].

Un robot industrial está constituido por dos sistemas principales: el sistema mecánico, al que corresponden las partes móviles tal como los eslabones y las articulaciones, y el sistema de control, desde el que se procesa la información necesaria para gobernar el movimiento del manipulador [3]. Como parte del sistema de control se encuentran el Teach pendant (unidad de enseñanza manual), el controlador y los dispositivos periféricos conectados al controlador. El control del robot es esencialmente un sistema organizado de forma tal que responde con una acción inteligente a los estímulos que es capaz de percibir a través de sensores y equipos periféricos que recogen información acerca del estado del propio robot y de su entorno [3].

En el presente trabajo se propone el desarrollo de una tarea de seguimiento a lo largo de una trayectoria de inspección para el posicionamiento de un transductor ultrasónico. La inspección se lleva a cabo siguiendo una trayectoria alternada de 144 puntos para cubrir un área de 64 cm². En cada punto de la trayectoria el manipulador comunica a una interfaz de adquisición de señales

que ya está en posición y espera a que la interfaz capture la señal ultrasónica correspondiente para continuar con la trayectoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se centró en la programación de una tarea de inspección con ondas ultrasónicas usando el robot manipulador NACHI MZ04 (ver Figura 1) el cual se encuentra ubicado en el laboratorio de manufactura de la División de Ingeniería del campus Irapuato Salamanca (DICIS) de la Universidad de Guanajuato.



Figura 1. Robot industrial NACHI MZ04.

El brazo robótico MZ04 posee una capacidad de movimientos de alta velocidad (5 m/s) y un montaje flexible, este utiliza la tecnología "Safe Robot", cuenta con motores de 80 W en cada uno de sus ejes e incorpora tecnología de enseñanza directa que permite a los operadores mover físicamente el brazo para enseñar las operaciones requeridas [6]. Adicionalmente, el robot MZ04 pesa menos de 62 libras, fue diseñado para ser extremadamente compacto y requerir un espacio de instalación mínimo. Posee un controlador inteligente compacto de la serie CFD, con un gabinete de tan solo 369 mm de ancho por 173 mm de alto y 490 mm de profundidad, cuenta con un PLC estándar incorporado y un Smart Advanced Teach Pendant con puerto USB incluido (ver Figura 2 y 3).



Figura 2. Controlador inteligente NACHI serie CFD.



Figura 3. Smart Advanced Teach Pendant.

La comunicación entre el controlador y los equipos periféricos se establece mediante el PLC que se encuentra incluido en el controlador y que es operado a través de funciones condicionales (FN32, FN34, FN 525 entre otras) las cuales se encuentran preestablecidas en el software del controlador y pueden ser activadas o desactivadas desde el Teach Pendant. A través de estas funciones se puede indicar la condición del robot (funciones de salida) o revisar las condiciones del equipo periférico durante la operación del robot (funciones de entrada). Físicamente, estas funciones representan señales digitales de 24 voltios que pueden entrar o salir del PLC.

En el robot MZ04 la programación se realiza a través de enseñanza y ejecución es decir "Teach & Playback". La enseñanza consiste en guardar los parámetros de posición del robot para una ubicación determinada del efector final, a este se le llama paso o punto, y es registrado en el programa como una línea de código que representa una posición. La ejecución consiste únicamente en leer los parámetros de posición presentes en la línea y llevar el efector final a dicha posición.

Los programas de los robots industriales no únicamente contienen líneas que representan posiciones, en estos también se encuentran líneas que representan funciones. Dichas funciones pueden introducir condiciones dentro del código y permiten la interacción del programa y los dispositivos periféricos. La Figura 4 muestra un segmento del código del programa generado para el presente trabajo.

```

0 100 X JOINT A1 T1
1 REM["POS_ATAQUE"] FN99:Comment
2 100 X JOINT A3 T1 FN99:Comment
3 REM["PT01"] FN99:Comment
4 100 X JOINT A3 T1 FN99:Comment
5 REM["PT02"] FN99:Comment
6 100 X JOINT A3 T1 FN99:Comment
7 REM["PT03"] FN99:Comment
8 100 X JOINT A3 T1 FN99:Comment
9 REM["POS_ATAQUE"] FN99:Comment
10 100 X JOINT A3 T1
11 END FN99:End
[EOF]
  
```

Figura 4. Sección de código del programa generado para el presente trabajo.

Tal como se puede observar en la figura 4, las líneas 2, 4, 6 y 10 representan diferentes posiciones del robot. Adicionalmente, en este segmento de programa se emplea la función FN99 que es empleada para la inclusión de comentarios tal como se indica en las líneas 1, 3, 5, 7 y 9. Existen funciones que permiten activar o desactivar señales digitales FN32 y FN34, respectivamente. Así mismo, existen otras que permiten leer señales entrantes tal es el caso de la función FN525.

El equipo periférico empleado en la tarea de inspección, consta de un transductor de ultrasonido por inmersión V317-SM para el cual se diseñó y construyó un mecanismo de sujeción que fue acoplado al eslabón final del robot MZ04. El transductor V317-SM es conectado a un pulsador-receptor Olympus 5077PR-15U que es el encargado de alimentarlo y a su vez este se conecta a un osciloscopio Keysight DSO1004A de cuatro canales, con un ancho de banda de 60 MHz y una frecuencia de muestreo de 2 GSa/s el cual funge como tarjeta de adquisición de datos. El osciloscopio es sincronizado con una computadora portátil a través una interfaz de adquisición y procesamiento de señales ultrasónicas, desarrollada en LabVIEW. Tal como se mencionó con anterioridad, la comunicación entre el controlador NACHI serie CFD y los sistemas periféricos, se establece a través del PLC propio del controlador. Para el caso particular del sistema experimental propuesto fue necesario implementar una placa de programación ARDUINO® modelo UNO. Dicha placa fue empleada como punto de conexión entre el controlador NACHI serie CFD y una computadora portátil. La Figura 5 presenta la totalidad del sistema experimental para la caracterización de materiales usando pruebas ultrasónicas de inmersión.

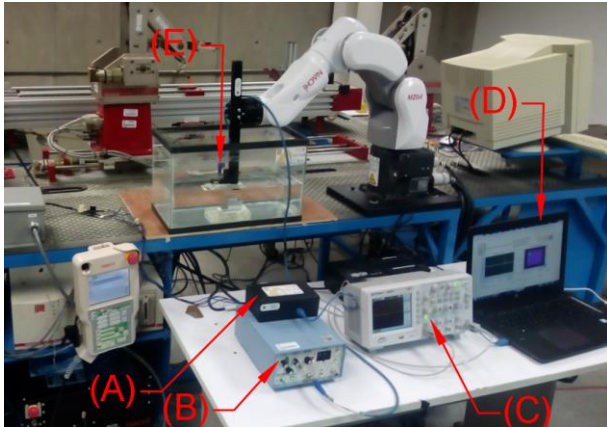


Figura 5. Sistema experimental para la caracterización de materiales usando pruebas ultrasónicas de inmersión, (A) arreglo de placa Arduino y relevadores, (B) Pulsador-Receptor Olympus 5077PR-15U, (C) Osciloscopio Keysight DSO1004A, (D) Computadora portátil hp ZBook 15, (E) transductor V317-SM.

El objetivo principal del presente trabajo es la programación de una tarea de inspección con ondas ultrasónicas. Para esto, el sistema periférico y el robot deben trabajar en conjunto. El robot debe trasladarse a través de una secuencia de puntos con una separación de 7 mm de centro a centro, el conjunto de puntos a su vez forman una matriz cuadrada, la cual cubre una superficie de 80 mm por 80 mm, siendo esta la superficie de escaneo. En cada uno de los puntos a través de los cuales se desplaza el robot, el equipo periférico debe tomar una captura de la señal generada y posteriormente generar una imagen a través de la totalidad de las señales capturadas. Por tal motivo, la comunicación entre el controlador del robot y el equipo periférico se puede expresar tal como se muestra en la Figura 6

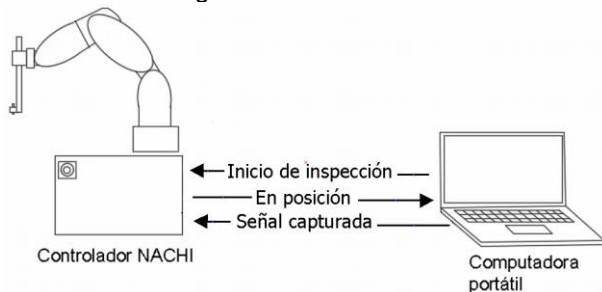


Figura 6. Interacción entre el controlador y la computadora portátil.

Tal como se puede apreciar en la Figura 6, el PLC interno del controlador del robot recibe una señal y envía otra, para cada uno de los puntos que forman la matriz de la zona de escaneo. Dichas entradas y salidas se deben activar y desactivar en el código del programa, esto es realizado mediante las funciones FN32 Y FN34 para activar y desactivar las salidas, mientras que para activar la entrada es empleada la función FN525. De manera similar se emplea un retraso con la función FN50 para controlar el tiempo que la salida permanece activa. A continuación, en la Figura 7 se presenta la secuencia completa del programa desarrollado.

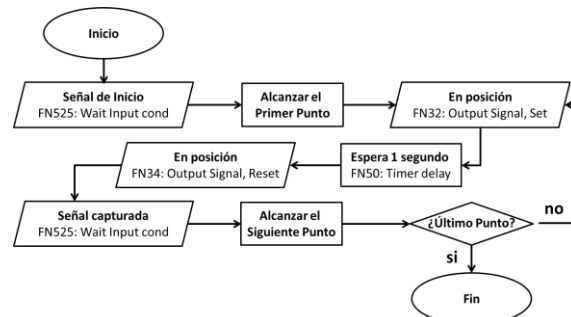


Figura 7. Diagrama de flujo del programa desarrollado.

El código de programación sigue la misma secuencia para cada uno de los 144 puntos que forman la matriz de escaneo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez terminada la programación de la tarea de inspección, se conectó el controlador del robot con el resto de los equipos que forman el sistema experimental de caracterización de materiales y se ejecutaron algunas pruebas experimentales, a continuación, se muestra en la Figura 7 una de las geometrías escaneadas.

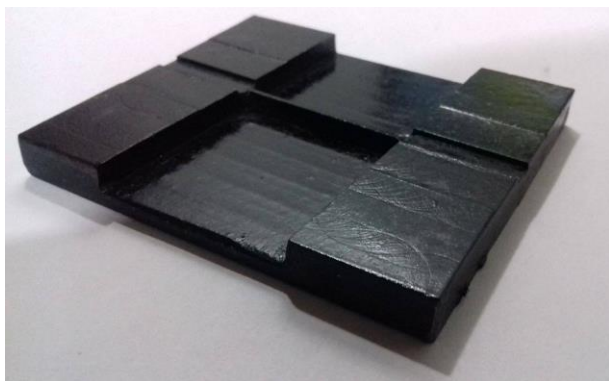


Figura 7. Geometría escalonada con diferentes Alturas

En la Figura 8 se muestra la imagen que es obtenida al realizar el escaneo, en esta se pueden observar diversas tonalidades en los colores, el cambio en las tonalidades representa una diferencia de altura, esto indica que a pesar de que la pieza mostrada en la figura 7 fue maquinada con equipo de control numérico, la superficie de cada uno de los escalones muestra irregularidades muy pequeñas.

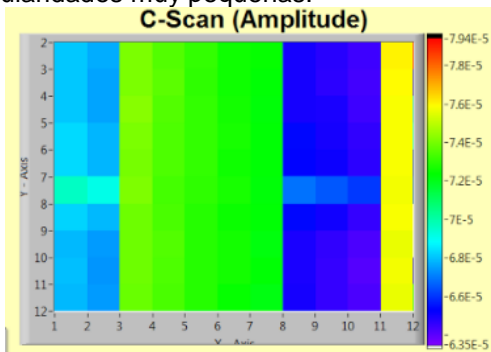


Figura 8. Prueba 1 C-Scan

CONCLUSIONES

El empleo de robots industriales abre la puerta a un gran número de aplicaciones que de otra forma no sería posible implementarlas. La programación de estos robots industriales es simple y fácil de llevar a cabo. Adicionalmente, el empleo de equipos periféricos a la par de los robots industriales (para este caso) implica, a diferencia de la programación de robots, de habilidades técnicas correspondientes a las áreas de circuitos eléctricos y electrónicos, microcontroladores,

interfaces hombre-máquina (HMI) y procesamiento de señales.

La caracterización de superficies empleando el “Sistema experimental para la caracterización de materiales usando pruebas ultrasónicas de inmersión”, nos permite detectar irregularidades que normalmente sería muy difícil detectar. Dentro de las posibles aplicaciones futuras para el sistema experimental se encuentran el análisis de superficies con nano recubrimientos y la caracterización del desgaste en elementos mecánicos.

AGRADECIMIENTOS

Presento mi más atento agradecimiento a mi asesor, el Dr. Antonio de Jesús Balvántin por su infinita paciencia y disposición para ayudar. De igual forma agradezco el apoyo brindado por mis compañeros y amigos Armando Muñoz y Luis Antonio Pérez Nieto y a todo el cuerpo académico del departamento de ingeniería mecánica por haberme formado a lo largo de estos años y de forma muy especial a la Universidad de Guanajuato por haberme brindado la oportunidad de participar en el Verano de Investigación Científica 2017.

REFERENCIAS

- [1]. Morales, M. (1986). El impacto de la robótica en la industria mexicana. México: OIT-PNUD
- [2]. Carbone, G. (2013). Grasping in robotics, volume 10 of Mechanisms and Machine Science.
- [3]. Piera, D. A. (1988). Cómo y cuándo aplicar un robot industrial. Marcombo-Boixareu.
- [4]. Marinero, J. F., & Perán, J. R. (2002). Aplicaciones de la Robótica: Últimas tendencias y nuevas perspectivas. Dyna, 61
- [5]. Saha, S. K. (2000). Introducción a la Robótica. McGraw-
- [6]. Nachi-Fujikoshi corp (2016), MZ Series, recuperado de <http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/eng/rob/hand/mz04a.htm> 22/07/2017