

Título.

Diseño de un robot manipulador para recolección de frutos maduros de café basado en ROS.

Integrantes.

Diego Andrés Carvajal Solano

U00123073

1. Planteamiento del problema

En los últimos años se ha visto cada vez más disminuida la cantidad de personas dispuestas a trabajar en labores agrícolas y entre estas, labores del sector cafetero como la recolección. Gran parte de las personas que aún se dedican a estas labores son personas de edades entre los 40 y 54 años [1]. Entre algunas de las razones por las que los jóvenes están dejando el campo están que el trabajo es difícil y poco atractivo, las condiciones de trabajo en el campo son poco dignas, la baja remuneración económica en comparación con lo que se podría ganar en las ciudades, además de que la oferta educativa en el campo no ofrece planes de estudio que correspondan a la realidad rural productiva del país.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar un manipulador serial para labores de recolección de cerezas de café.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño mecánico del manipulador.
- Integrar el diseño mecánico en ROS para la simulación.
- Realizar la programación del robot para lograr el movimiento deseado.
- Evaluar diferentes métodos de percepción para el reconocimiento de las cerezas maduras de café.
- Evaluar el comportamiento del robot en la simulación.
- Implementar físicamente el diseño del robot una vez comprobado el comportamiento en simulación.
- Evaluar el comportamiento real del robot y realizar los ajustes necesarios.

3. Justificación

En la actualidad, la utilización de robots manipuladores en la automatización de procesos es bastante conocida por la capacidad de estos dispositivos de llevar a cabo tareas que anteriormente eran hechas por personas, ya sea por los peligros que conlleva la realización de la tarea, los beneficios productivos que puedan aportar los manipuladores en comparación con los que puede aportar una persona, o la escasa disponibilidad de personal dispuesto a realizar la tarea.

Este proyecto se enfocará en solucionar la cada vez mayor escasez de recolectores de café, proponiendo un diseño de robot manipulador capaz de reconocer y recolectar los frutos maduros de café sin producir daños a la planta, de modo que esta pueda dar frutos en el futuro, además de alcanzar una rapidez de recolección igual o similar a la que tendría un trabajador promedio (82,6 kg/jornal [2]).

Para esto se hará uso de ROS (Robot Operating System) que facilitará la creación del software necesario para que el robot lleve a cabo las tareas requeridas.

4. Marco teórico

4.1. ROS (Robot Operating System)

ROS es un framework flexible para crear aplicaciones para robots. ROS posee una gran colección de herramientas y librerías creadas por la comunidad que permiten simplificar la creación de comportamientos complejos y robustos de robots. ROS también posee algunos ambientes de simulación en los que se puede verificar el funcionamiento de las aplicaciones antes de usarlas en los robots físicos.

4.2. Visión artificial

La visión artificial se puede definir como un campo de la Inteligencia Artificial que permite la obtención procesamiento y análisis de información obtenida a través de imágenes.

La visión artificial se puede utilizar para diferentes aplicaciones, entre ellas la identificación de objetos, determinación de la posición de objetos, etc.

- **Píxel:** Las imágenes digitales se consideran una cuadrícula en donde cada elemento es llamado píxel.
- **Nivel de grises:** En una imagen el nivel de brillo en cada píxel es cuantificado, lo que da lugar a un número denominado nivel de grises.
- **Imagen binaria:** Es el resultado de procesar una imagen en escala de grises donde se compara el nivel de grises de cada píxel con un umbral de forma que si es más alto que el umbral el píxel se convertirá en blanco y si es más bajo se convertirá en negro dando como resultado una imagen de solo blanco y negro.

Para la obtención de la información utilizada en la visión artificial se pueden utilizar diferentes tipos de cámaras:

- **Cámara RGB:** Estas son las cámaras más comunes, se pueden encontrar en todo tipo de dispositivos, teléfonos móviles, computadores, tabletas, etc. Estas cámaras arrojan como resultado imágenes a color.
- **Cámaras estéreo:** Estos sensores están formados por dos o más cámaras con el fin de imitar la visión binocular que tenemos los humanos, de esta forma se puede obtener información sobre la posición del objeto comparando la posición en las imágenes tomadas por cada cámara [3].
- **Cámaras de tiempo de vuelo (ToF):** Este tipo de cámara determina la posición de un objeto respecto a la cámara emitiendo una señal infrarroja y calculando el tiempo que toma a la señal en regresar a la cámara, de esta forma conociendo la velocidad de la luz se puede calcular la distancia recorrida por el haz de luz y de esta forma la distancia entre la cámara y el objeto [4].

4.3. URDF

El formato unificado para descripción de robots (URDF por sus siglas en inglés), es un archivo en formato XML usado en ROS para describir todos los elementos de un robot. En este archivo se definen las masas, dimensiones y características visuales de los elementos, se definen también las articulaciones y el tipo de articulación que hay entre los elementos [5].

5. Estado del Arte

Debido a la escasez de trabajadores en el sector agrícola, cada vez se hace más necesaria la aplicación de sistemas automatizados para la recolección de diferentes productos agrícolas, Tao Zhou (2018), de la Universidad de Tecnología de Qingdao, en su artículo “System Design of Tomatoes Harvesting Robot Based on Binocular Vision” [6], propone un manipulador de 4 grados de libertad RRRR para la recolección de tomates, también propone la combinación del reconocimiento basado en formas y el reconocimiento basado en color para evitar los posibles problemas causados por los cambios de iluminación en los objetos a detectar, en cuanto a la localización de los tomates propone el uso de una cámara estéreo.

Xiuxia Zhang (2016), de la Universidad de Beifang de las Nacionalidades, en su artículo “Study on the Design and Control System for Wolfberry Harvesting Robot” [7], propone un manipulador montado sobre una base móvil y mecanismo de recolección que cambia su comportamiento en función del tamaño de la fruta, para la recolección de Bayas de Lobo.

Huilian Shen (2011), de la Universidad de Jiangsu, en su artículo “Research on the strategy of advancing harvest efficiency of fruit harvest robot in the oscillation conditions” [8], propone el uso de un manipulador de 5 grados de libertad PRRRP para la recolección de frutas, también presenta una estrategia para el cálculo de la posición de la fruta en condiciones oscilatorias, realizando el cálculo de la frecuencia en el movimiento de la fruta y de esta forma aumentar la eficacia del manipulador al determinar la posición real de la fruta en condiciones reales donde se producen movimientos en las ramas de los árboles por el viento y causados por el mismo proceso de recolección.

6. Resultados esperados

Al finalizar este proyecto se espera tener implementada una estrategia de visión artificial capaz de reconocer frutos maduros de café y obtener la posición de estos con respecto al manipulador.

Se espera tener un manipulador capaz de recolectar solo los frutos maduros de café sin dañarlos ni infligir daños a la planta.

Se espera también tener un robot cuyo funcionamiento este basado en ROS, que sea totalmente autónomo y pueda realizar un trabajo igual o mejor al que haría una persona.

7. Cronograma de actividades

Actividad	Fecha de culminación
Diseño mecánico del manipulador.	Enero 24, 2021
Ensamblaje y configuración del diseño mecánico para gazebo.	Abril 25, 2021
Verificar la configuración en Gazebo.	Mayo 23, 2021
Programación en ROS del movimiento del manipulador.	Agosto 22, 2021
Evaluar el movimiento del robot en la simulación y realizar los ajustes necesarios.	Septiembre 26, 2021
Revisar diferentes métodos de percepción y escoger el más adecuado para la aplicación.	Diciembre 26, 2021

FICHA DE PROYECTO

Actividad	Fecha de culminación
Realizar la construcción del manipulador.	Junio 26, 2021
Evaluar el comportamiento real del manipulador.	Julio 24, 2021

8. Metodología de trabajo

Actividad	Descripción
Diseño mecánico del manipulador.	Realizar el diseño mecánico aproximado del manipulador para poder realizar los cálculos de cinemática y dinámica necesarios para la selección de sensores y actuadores. Realizar la selección de sensores y actuadores para el manipulador. Realizar los ajustes en el diseño mecánico para obtener el diseño final.
Ensamblaje y configuración del diseño mecánico para gazebo.	Configurar el archivo XACRO del robot con todas sus partes y articulaciones y restricciones para que pueda ser utilizado en Gazebo. Crear el ambiente de simulación para el robot en Gazebo.
Verificar la configuración en Gazebo.	Verificar que el robot esté ensamblado correctamente y las articulaciones estén bien configuradas, en caso contrario realizar los ajustes necesarios.
Programación en ROS del movimiento del manipulador.	Realizar la programación de los nodos para obtener la información de los sensores y calcular el movimiento del robot.
Evaluar el movimiento del robot en la simulación y realizar los ajustes necesarios.	Verificar que para algunos puntos dados el robot se mueva de forma precisa en el simulador, en caso contrario se deberán verificar los errores y realizar los ajustes necesarios en el código.
Revisar diferentes métodos de percepción y escoger el más adecuado para la aplicación.	Indagar en los diferentes métodos utilizados para el reconocimiento de objetos y escoger el más adecuado. Se deberán indagar también métodos para el cálculo de la posición de los objetos detectados y escoger el que más convenga.
Realizar la construcción del manipulador.	Realizar la fabricación y ensamblaje de las partes del manipulador, y conexiones eléctricas.
Evaluar el comportamiento real del manipulador.	Verificar el movimiento del robot físico para diferentes puntos dados. Verificar el movimiento del robot utilizando los datos obtenidos por el método de percepción utilizado. Realizar los ajustes necesarios.

9. Bibliografía

- [1] Solidaridad, «La sucesión de los productores de café en Colombia desde la voz de los jóvenes rurales,» Bogotá, 2016.
- [2] H. Duque Orrego y C. Dussán L., «Productividad promedio de la mano de obra en la cosecha de café en cuatro municipios de la región cafetera central de Caldas,» 2004.
- [3] e-con Systems, «What is a stereo vision camera?,» e-con Systems, 20 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.e-consystems.com/blog/camera/what-is-a-stereo-vision-camera/>. [Último acceso: 7 Septiembre 2020].
- [4] M. Tillman, «What is a ToF camera? The Time-of-flight sensor explained,» 8 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.pocket-lint.com/phones/news/147024-what-is-a-time-of-flight-camera-and-which-phones-have-it>. [Último acceso: 7 Septiembre 2020].
- [5] Gazebo, «URDF in Gazebo,» Gazebo, [En línea]. Available: http://gazebo-sim.org/tutorials?tut=ros_urdf. [Último acceso: 7 Septiembre 2020].
- [6] T. Zhou, D. Zhang, M. Zhou, H. Xi y X. Chen, «System Design of Tomatoes Harvesting Robot,» *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, pp. 1114-1118, 2018.
- [7] X. Zhang, Z. Zhao, S. Wei, G. Du, Q. Ji, L. Zhang y H. Wei, «Study on the Design and Control System for Wolfberry Harvesting Robot,» *2016 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, pp. 5984-5985, 2016.
- [8] H. Shen, D. Zhao, W. Ji, Y. Chen y J. Lv, «Research on the Strategy of Advancing Harvest Efficiency of Fruit Harvest Robot in the Oscillation Conditions,» *2011 Third International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, vol. 1, pp. 215-218, 2011.