

Control y monitoreo remoto de una impresora 3D con visión artificial

Remote control and monitoring of a vision 3D printer artificial

Controle remoto e monitoramento de uma impressora 3D com visão artificial

- Milton Temistocles Andrade Salazar¹
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo
mtandrade@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4929-3233>
- Andrea Alejandra Bravo Lucas²
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo
daidrovo@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7207-563X>
- Rosa Katherine Bravo Morillo³
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo
japineda@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6939-7016>
- Mauricio David Sangucho Sasig⁴
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo
maajila1@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2894-8808>

 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/n2/266>

Como citar:

Andrade, M., Bravo, A., Bravo, R. & Sangucho, M. (2023). Control y monitoreo remoto de una impresora 3D con visión artificial. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(2), 959-968.

Recibido: 10/11/2023

Aceptado: 10/12/2023

Publicado: 31/12/2023

¹ Ingeniero en Computación y Ciencias de la Informática, Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Docente del área de Ciencias Humanas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo.

² Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

³ Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

⁴ Estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Santo Domingo

Resumen

La investigación mostró la utilidad de realizar una impresión de objetos 3D con el monitoreo del usuario de forma remota mediante la automatización de la impresora 3D Creality CR-10S Pro. Se realizó una investigación sistemática en artículos científicos relacionados con la aplicación OctoPrint, la disciplina científica de la visión artificial y el microordenador Raspberry Pi 2 Model B para integrar sus funcionalidades. Además, se añadió el mecanismo de encendido y apagado de la impresora para tener un control total del trabajo de impresión en caso de suscitarse fallas o cuando finalice el mismo. Se logró evaluar su beneficio, concluyendo que el monitoreo y control remoto de una jornada de impresión que podría tardar entre 1 a 10 horas dependiendo del objeto y configuración, optimiza el tiempo y recursos del usuario, permitiéndole visualizar la impresión desde un ordenador mediante conexión IP y a la vez realizar otras actividades.

Palabras claves: Impresora 3D, visión artificial, monitoreo y control remoto.

Abstract

The research showed the utility of performing 3D object printing with user monitoring remotely by automating the Creality CR-10S Pro 3D printer. Systematic research was conducted on scientific articles related to the OctoPrint application, the scientific discipline of artificial vision and the Raspberry Pi 2 Model B microcomputer to integrate its functionalities. In addition, the printer on/off mechanism was added to have full control of the print job in case of failures or when it ends. It was possible to evaluate its benefit, concluding that the monitoring and remote control of a printing day that could take between 1 to 10 hours depending on the object and configuration, optimizes the user's time and resources, allowing him to visualize the printing from a computer through an IP connection. and at the same time carry out other activities.

Keywords: 3D printer, artificial vision, monitoring and remote control.

Resumo

A pesquisa mostrou a utilidade de imprimir objetos 3D com monitoramento remoto do usuário por meio da automatização da impressora 3D Creality CR-10S Pro. Foi realizada uma investigação sistemática em artigos científicos relacionados ao aplicativo OctoPrint, à disciplina científica de visão artificial e ao Raspberry Pi 2 Microcomputador modelo B para integração de suas funcionalidades. Além disso, foi adicionado o mecanismo de ligar e desligar a impressora para ter controle total do trabalho de impressão em caso de falhas ou quando ele for finalizado. Foi avaliado seu benefício, concluindo que o monitoramento e controle remoto de um dia de impressão que pode levar de 1 a 10 horas dependendo do objeto e da configuração, otimiza o tempo e os recursos do usuário, permitindo-lhe visualizar a impressão de um computador através de um IP conexão e ao mesmo tempo realizar outras atividades.

Palavras-chave: Impressora 3D, visão artificial, monitoramento e controle remoto.

Introducción

La impresión 3D es un proceso que permite crear prototipos con enfoques tridimensionales. Con una impresora 3D es posible materializar elementos geométricos de estructuras complejas que antes resultaba un tanto imposible para otros procesos de fabricación. En la actualidad estas máquinas tienen mayor productividad en las áreas de arquitectura y diseño industrial, pero su uso es óptimo que otras áreas también las están empleando, un claro ejemplo es en el área de la medicina, donde sirve para la creación de prótesis médicas debido a la exactitud de acuerdo con las características y necesidades de los pacientes.

La materia prima para la impresión 3D, conocido como filamento, es un elemento indispensable para el trabajo de las impresoras 3D. Este material es un termoplástico que puede pertenecer a las subcategorías de PLA, PET, PETG y ABS. El más utilizado debido a sus propiedades es el PLA, elaborado en base al almidón de maíz o por medio de la caña de azúcar, mientras que las demás subcategorías son elaboradas por medio del uso del petróleo. El PLA al ser un material renovable, es limitado por un tiempo de vida útil, desde el momento que se desempaca debe ser utilizado preferentemente en un periodo no mayor a dos meses para que mantenga las características óptimas, sin embargo, se ha evidenciado que pasado este tiempo aún puede ser usado para determinado tipo de impresiones.

En base al análisis detallado del funcionamiento de la impresora 3D Creality CR-10S Pro que pertenece en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, se observa la necesidad de implementar un sistema mediante algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) que permita automatizarla para disminuir o evitar la supervisión presencial del usuario durante la jornada de impresión.

Según el análisis del autor (Hernández, 2022) menciona ciertos detalles que permiten automatizar una impresora 3D, destaca la necesidad de conocer algoritmos computacionales que permitan crear un sistema capaz de resolver tareas en base al conocimiento humano. Otro

de los requerimientos importantes para poder cumplir con el proceso de automatización, es la fabricación e implementación de un mecanismo con placa Arduino Nano y controlado mediante la aplicación OctoPrint para el encendido y apagado de la impresora 3D. Para el control de la impresora 3D se requiere una placa Raspberry Pi 2 model B que debe ser configurada y acoplada a la misma. OctoPrint es una plataforma con enfoque al Internet de las cosas (IoT), que permite añadir un sin número de características para establecer conexiones entre dispositivos.

La tecnología Raspberry Pi es similar a un procesador, pero en tamaño diminuto, con funciones básicas y bajo consumo de recursos. Esta tecnología cuenta con varios elementos que permiten personalizar el ordenador, uno de estos elementos es Scratch, denominado lenguaje de programación fácil y amigable para los desarrolladores que inician en el mundo de la programación. Con este lenguaje es posible desarrollar un aplicativo que permita establecer el monitoreo y control a motores, luces, cámaras, sensores y otras tecnologías emergentes. Por medio de esta tecnología se puede establecer la conexión de una cámara web para poder monitorizar de manera remota evitando así la presencia del usuario. Una de las ventajas que presenta el hacer uso de estos ordenadores, es la optimización de recursos y control a grandes distancias al ser una distro del Sistema Operativo GNU Linux. Para completar el control y monitoreo remoto en el proceso de impresión, se requiere la adaptación de una cámara web HD administrada por IA.

El funcionamiento del sistema consiste en detectar los siguientes escenarios: ruptura del filamento de impresión, falta de adherencia de la base del objeto sobre la cama de la impresora, exceso de vibración de la cama de la impresora, interrupción del proceso de impresión por condiciones ambientales y finalización de la impresión. Su importancia radica en la optimización del tiempo y del recurso humano de la Universidad de las Fuerzas Armadas

– ESPE, Sede Santo Domingo de los Tsáchilas en el desarrollo de proyectos donde se requieran impresiones en 3D.

Metodología

Como parte fundamental, se inició con la revisión de artículos científicos relacionados al proyecto, con el fin de obtener datos comparativos de los beneficios de desarrollar la automatización de una impresora 3D frente a la adquisición de otras con automatización parcial de fábrica. Para mantener el control y documentación sobre los avances de ensayo y error, se optó por la metodología scrum, con lo que se trabajó de manera colaborativa y permitió tomar decisiones relacionadas a la adaptación del hardware y software. La metodología Scrum forma parte de las metodologías ágiles siendo las responsables de llevar un control sobre el aplicativo. Una de las ventajas de aplicar esta metodología dentro del desarrollo del software es que permite dividir el desarrollo del aplicativo en bloques de tiempo.

Por un lado, se acopló el mecanismo de encendido y apagado, debido a que la impresora 3D Creality CR-10S Pro tiene a un costado el botón basculante de fábrica. El mecanismo conformado principalmente por un motor Nema 17 paso a paso, una placa Arduino Nano y enlazado a la aplicación OctoPrint, se adaptó mediante una carcasa de sujeción a la estructura de la impresora. OctoPrint es una aplicación que permitió instalar y configurar un servidor para controlar el proceso de impresión 3D desde un navegador web. Se necesitó conocer la URL y haber registrado un usuario (Jorge, 2018). Ultimaker Cura es el software a través del que se configuraron los parámetros de impresión 3D.

La impresora 3D Creality CR-10S Pro perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, permitió materializar objetos 3D que requerían los proyectos investigativos que llevan a cabo los docentes y estudiantes de las carreras de Ingeniería Agropecuaria, Ingeniería en Biotecnología e Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad. Sus principales características técnicas son:

- ✓ Tecnología de Impresión 3D: Fused Deposition Modelling FDM
- ✓ Filamentos: PLA, PET
- ✓ Temperatura de cama controlable: 0-110 C
- ✓ Temperatura de extrusor: 0-260 C
- ✓ AC Input: 100-240V 5.94A 50/60Hz
- ✓ Consumo Energético: 480W
- ✓ Conectividad: WIFI – MICRO SD



Figura 1. Impresora 3D Creality CR-10S Pro.
Obtenida de: <https://sais3d.com/producto/impresora-cr-10s-pro>

Por otra parte, la visualización del proceso de impresión 3D se llevó a cabo mediante la configuración del software del Raspberry Pi 2 model B con OctoPrint, con lo que se administró la cámara web eMeet C960 y la conexión remota a la impresora 3D con un ordenador. El detalle de las partes del Raspberry Pi 2 model B se observa en la Figura 2 y las especificaciones técnicas se describen a continuación:

- ✓ SoC: Broadcom BCM2836 (Funcionamiento para CPU, GPU, DSP y SDRAM).
- ✓ CPU: Quad Core ARM Cortex siete a 900 MHz.
- ✓ GPU: Tiene un Video Core IV que funciona a 250 MHz.
- ✓ Memoria: 1GB (compartida con la GPU).
- ✓ Puertos USB: 4
- ✓ Entrada de video: Conector interfaz de cámara MIPI de 15 pines.

- ✓ Salida de video: HDMI, video compuesto (PAL y NTSC) mediante un Jack de 3.5 mm.
- ✓ Entrada de Audio: I²S.
- ✓ Salida de Audio: Mediante un Jack análogo de 3.5mm
- ✓ Almacenamiento: MicroSD
- ✓ Conectividad: Ethernet de 10/100Mbps.
- ✓ Valores de almacenamiento: 800 mA (4.0 W)
- ✓ Voltaje de alimentación: 5V mediante entrada MicroUSB o el header GPIO.
- ✓ Dimensiones: 85.6 mm x 56.5 mm
- ✓ Peso: 45 gramos

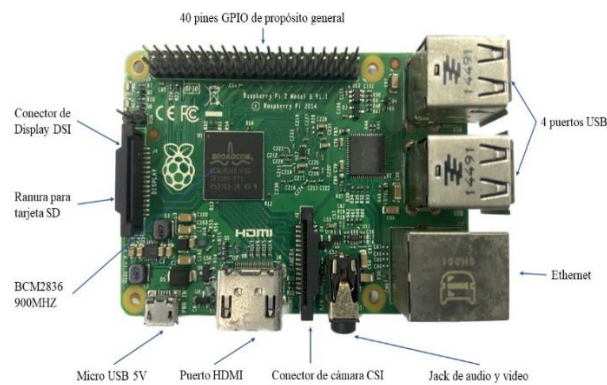


Figura 2. Raspberry Pi 2 model B.

Obtenida de: <https://electronicamade.com/raspberry-pi-2-modelo-b>

La cámara web eMeet C960 1080P con trípode regulable fue conectada al puerto USB del Raspberry Pi 2 model B y controlada a través de la aplicación OctoPrint. Su instalación requirió de ciertas pruebas hasta conseguir el lugar idóneo.

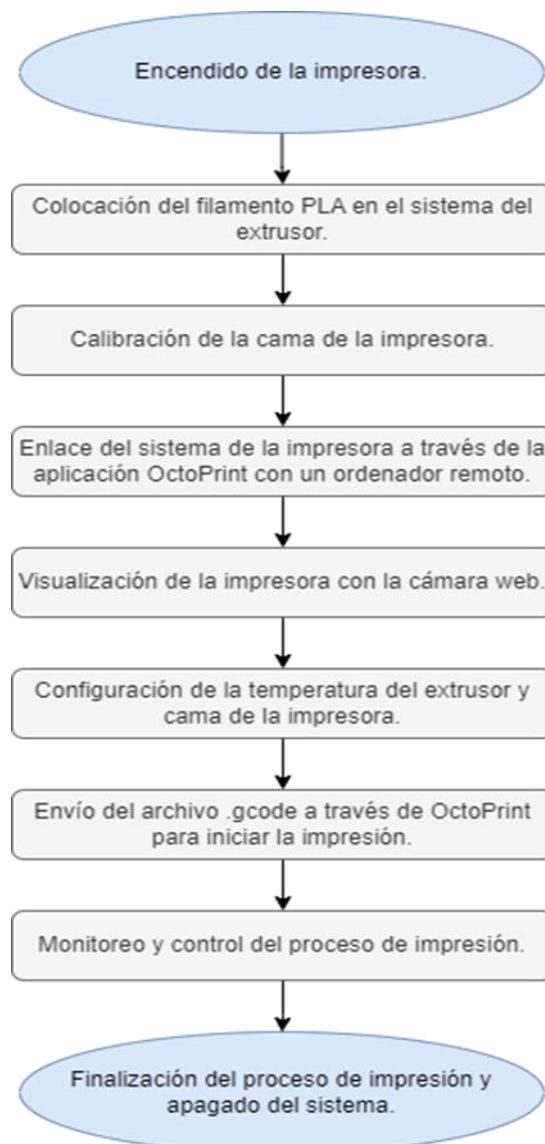


Figura 3. Cámara web eMeet C960.

Obtenida de: <https://emeet.com/products/webcam-c960>

El sistema operativo Raspbian de código abierto basado en una de las distribuciones de GNU/Linux llamada Debian, estaba integrado al Raspberry Pi 2 model B, con lo que se llevó a cabo el entorno de trabajo para la automatización de la impresora 3D. Con la ayuda del área de la programación se aplicaron técnicas algorítmicas que permitieron controlar y monitorizar el funcionamiento de la impresora, reduciendo la participación física del usuario. Mencionado proceso se llevó a cabo con la IA. Por medio de esta disciplina se construyeron sistemas autónomos capaces de interpretar las conductas humanas (Luis, 2020).

En el diagrama de flujo que se muestra a continuación, se aprecia el proceso completo para realizar la impresión de un objeto 3D.



Resultados

El proceso de automatización de la impresora 3D se realizó mediante la implementación de algoritmos de programación por medio de la IA. Con la ayuda de esta disciplina se logra combinar algoritmos computacionales que permiten crear sistemas autónomos. El algoritmo de aprendizaje automático es un algoritmo de entrenamiento de un modelo informático profundo perfecto para automatizar impresoras 3D. Por medio de este algoritmo se controló el proceso de impresión estableciendo estructuras algorítmicas que permitan manejar la cámara web de forma inteligente evitando la presencia del usuario. Las estructuras del código establecen un sin número de condiciones para que la cámara web pueda ejecutar y pueda ser monitorizada desde un aplicativo web.

Las fallas de impresión se dieron al cambiar el filamento PLA por el PET, que debido a su estructura necesita de una configuración especial principalmente en los parámetros de velocidad, densidad de relleno de los objetos y temperatura del extrusor y cama de la impresora.

La configuración estándar para imprimir con PLA es: ventilador de capa como máximo al 80 por ciento; temperatura del extrusor a 200 °C; temperatura de la cama entre 45 y 50°C; velocidad máxima de 50 milímetros por segundo. Mientras que para PET es: ventilador de capa como máximo al 15 por ciento; temperatura del extrusor a 255 °C; temperatura de la cama entre 80 y 85 °C; velocidad máxima de 30 milímetros por segundo.

La impresora 3D Creality CR-10S Pro es un prototipo que cuenta con características similares a la Creality3D CR-30 3DPrintMill 3D Printer, Creality3D CR-5 Pro High-temp Version 3D Printer, entre otras; sin embargo, estas utilizan sistemas con licencias y componentes con determinadas especificaciones que tienden a elevar sus costos en el mercado, por lo que limita el acceso a la mayoría de personas. Los elementos de hardware y software con los que cuenta la impresora 3D Creality CR-10S Pro son de libre distribución, lo que permite modificar su construcción de acuerdo con las necesidades del usuario.

Estadísticamente el prototipo armado tiene un rendimiento del 95 por ciento debido a la integración manual de los elementos. Se puede colocar un microordenador más actualizado como lo es el Raspberry Pi 4 model B y una cámara web Logitech HD C920 con el fin de incrementar su rendimiento. Para la construcción del prototipo se requirió el uso de disciplinas tales como, inteligencia artificial, electrónica, automatización y control, programación, entre otras.

Conclusiones

El conocimiento básico sobre la visión artificial y la integración de las tecnologías OctoPrint con Raspberry Pi, permitió llevar a cabo la automatización de la impresora 3D Creality CR-10S Pro. La aplicación OctoPrint al ser de código abierto y contar con una comunidad de soporte, brinda las características necesarias para ampliar su uso en la integración de más componentes a una impresora 3D.

Referencias bibliográficas

- Badel, H., & Suenaga, G. (2019). Diseño de una impresora 3D controlada de manera remota. *Atenea*, (16), 33-40.
- Bou Aguiar, I. (2019). Servicio de monitorización y control remoto de una impresora 3D con integración de tecnologías diversas.
- Hernández, G. (2022). Diseño de la automatización del proceso de extrusión de filamento para impresoras 3D. *Institución Universitaria Pascual Bravo*.
- Jorge, O. (2018). *Tecnología Fácil: Electricidad, Electrónica, Informática. Impresoras 3D Software Octopi*, 63-72.
- Luis, Z. (2020). *Automatización y monitoreo de impresoras 3D*. Universidad de California.