

Infraestructura Robótica de Alta Precisión para la Validación Experimental de Algoritmos de IA Sostenibles

Tomás Domínguez Bolaño¹, Valentín Barral Vales¹, Carlos José Escudero Cascón¹, José Antonio García Naya¹, Ángel Carro Lagoa¹, and Liz Gámez Picó¹

Centro de investigación del CITIC, Universidad de la Coruña, España
{tomas.bolano, valentin.barral, carlos.jose.escudero.cascon, jose.garcia.naya, angel.carro, liz.gamez}@udc.es

Abstract

Presentamos una infraestructura robótica de precisión subcentimétrica de 6x6x2m como plataforma de validación para algoritmos de IA sostenibles. El sistema permite posicionamiento preciso de sensores y objetos y es útil en diversas áreas como la validación de aplicaciones de eficiencia energética en smart buildings mediante localización multimodal, la optimización de comunicaciones wireless energéticamente eficientes, y el desarrollo de sistemas de monitorización ambiental. La infraestructura está disponible para la comunidad investigadora, facilitando la validación experimental reproducible de algoritmos orientados a reducir el consumo energético y el impacto ambiental.

1 Introducción

El rápido avance de la inteligencia artificial (IA) y la robótica ha traído consigo un crecimiento exponencial en la demanda computacional, generando una preocupación significativa sobre el consumo energético y la sostenibilidad de estas tecnologías. Para lograr un mejor rendimiento, los modelos de ML han tenido que volverse cada vez más complejos, lo que ha dado lugar a un mayor número de parámetros que estimar. Sin embargo, estos avances tienen un coste, ya que los recursos necesarios para entrenar y ejecutar estos modelos han aumentado significativamente [1]. Para abordar esta necesidad, este artículo presenta una plataforma robótica tipo pórtico (gantry) de gran escala, diseñada específicamente como un banco de pruebas que puede ser usado para la validación de algoritmos de IA sostenibles.

2 Arquitectura de la Infraestructura Robótica

La plataforma consiste en un sistema robótico de pórtico de 3 ejes (X, Y, Z) que cubre un entorno controlado en un salón de 6x6x2m. Esta configuración permite el desplazamiento del gantry robot donde se pueden instalar diversos sensores u objetos de prueba, en cualquier punto dentro de este gran volumen con alta repetibilidad. El núcleo del sistema de control se basa en LinuxCNC, una plataforma de software de control numérico por computadora (CNC) de código abierto que proporciona una coordinación de movimiento precisa y en tiempo real. La interfaz de hardware se gestiona través de tarjetas de interfaz de Mesa Electronics, que comunican de manera robusta el software de control con los componentes físicos [2].

El movimiento de los ejes es impulsado por controladores de motor igus® dryve D1. Este sistema opera en bucle cerrado, utilizando retroalimentación de codificadores (encoders) de alta precisión para garantizar que la posición real del efector final coincida con la posición comandada, corrigiendo activamente cualquier desviación.

Para alcanzar la precisión subcentimétrica declarada en el espacio para pruebas donde se ubica el gantry, se ha implementado una solución de calibración personalizada. El sistema aprovecha un sistema de captura de movimiento OptiTrack existente en la sala de instalación para mapear las no linealidades y errores de posicionamiento inherentes a la mecánica del pórtico.

3 Aplicaciones y Desarrollos Actuales

La capacidad de posicionar con precisión sensores y actuadores en un entorno a gran escala abre un amplio abanico de posibilidades para la validación de algoritmos de IA sostenibles. Las áreas de aplicación clave incluyen: Eficiencia Energética en Edificios Inteligentes (Smart Buildings): desarrollar algoritmos de IA que optimicen la climatización e iluminación basándose en la ocupación real, reduciendo el consumo energético; comunicaciones Inalámbricas Eficientes (5G/6G): Al poder posicionar antenas y receptores con precisión milimétrica, los investigadores pueden optimizar algoritmos para la transmisión de datos con la mínima potencia requerida; y Monitorización Ambiental y Robótica Móvil: La infraestructura sirve como "ground truth" para probar algoritmos de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

Actualmente, se está trabajando en la realización de una demostración que integra una interfaz web para el control y la interacción inteligente con el robot. Esta interfaz facilita la visualización de flujos de vídeo de cámaras, la detección de objetos en tiempo real mediante IA y la superposición de estos sobre la imagen. El control del robot se habilita a través de un panel de estado y movimiento, y mediante un chatbot de IA capaz de procesar comandos en lenguaje natural (texto y voz). Toda la interacción entre la interfaz de usuario y el hardware del pórtico se gestiona a través de una API HTTP, contando con una versión simulada para desarrollos desacoplados del hardware real.

4 Conclusión y trabajo futuro

La infraestructura robótica de alta precisión presentada puede constituir una herramienta fundamental para la comunidad investigadora en IA sostenible, robótica y comunicaciones. Al proporcionar un entorno de validación a gran escala, controlable y reproducible, se facilita el desarrollo y la comparación de nuevos algoritmos orientados a reducir el impacto ambiental de la tecnología. Para fomentar la colaboración y la reproducibilidad, toda la documentación de la instalación y puesta en marcha del sistema se ha estructurado de forma accesible y está disponible públicamente.

References

- [1] Verónica Bolón-Canedo, Laura Morán-Fernández, Brais Cancela, and Amparo Alonso-Betanzos. A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future. *Neurocomputing*, 599:128096, 09 2024.
- [2] Tomás Domínguez Bolaño, Valentín Barral Vales, Carlos J. Escudero, and José A. García-Naya. Linuxcnc motor control testbed. https://github.com/GTEC-UDC/linuxcnc_testbed, 2024. Software. DOI: 10.5281/zenodo.15911192.