



Generación de trayectorias robóticas a través de aprendizaje por imitación en ambientes de realidad aumentada

Augmented Reality-based Imitation Learning for Robotic Trajectory Generation

FERNANDO CORNELIO JIMÉNEZ GONZÁLEZ^{a*}, OSSLAN OSIRIS VERGARA VILLEGAS^b , VIANEY GUADALUPE CRUZ SÁNCHEZ^a 

^a Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Ciudad Juárez, Chih., México

^b Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada, Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: fernando.jimenez@uacj.mx

N.º de resumen 11CP26-3	Formato Cartel
Tema Generación de trayectorias robóticas	Presentador Fernando Cornelio Jiménez González
Fecha de la presentación Mayo 18-22, 2026	Estatus Estudio en curso

Resumen

En la actualidad, la programación de robots manipuladores enfrenta desafíos críticos, debido a la dependencia de un programador experto para la creación de trayectorias robóticas. Desde este punto de vista, no solo se exige una alta inversión de tiempo, sino también se carece de la flexibilidad de adaptación a los cambios rápidos que produce la industria moderna. Ante estos desafíos, el aprendizaje por imitación surge como una alternativa donde el robot aprende de demostraciones expertas; sin embargo, su implementación en el mundo físico es costosa, imprecisa y conlleva riesgos de seguridad al enfrentar escenarios desconocidos que pueden comprometer la seguridad del robot. El presente trabajo aborda las limitaciones en la generalización del aprendizaje para generar trayectorias robóticas mediante una metodología de adquisición de datos masivos y variables basada en Realidad Aumentada y un Gemelo Digital. La propuesta implementa modelos de inteligencia artificial entrenados en entornos virtuales flexibles, donde el Gemelo Digital se sincroniza vía paquetes de red con el robot físico para desarrollar políticas de movimiento en un ambiente controlado y seguro. Esta metodología permite que un robot manipulador procese secuencias de datos complejas generadas en el entorno aumentado, buscando una transferencia de conocimiento efectiva de un escenario de realidad mixta hacia el mundo físico. La eficacia de las trayectorias generadas se evalúa mediante la tasa de éxito por tarea y se valida a través de métricas de precisión RMSE (Error Cuadrático Medio) y similitud temporal DTW (Deformación Dinámica en el Tiempo), demostrando la robustez del modelo de aprendizaje.

Palabras clave: gemelo digital; realidad aumentada; inteligencia artificial; imitación; modelo.

Abstract

Currently, programming robotic manipulators faces a critical challenge: a heavy reliance on explicit programming, which requires significant time and lacks the flexibility to adapt to the rapid pace of modern industry. To address this, Imitation Learning emerges as a promising alternative where robots learn from expert demonstrations. However, physical scenarios remain costly and imprecise, often posing safety risks when encountering unknown scenarios that could compro-

mise robot integrity. This paper addresses these limitations in generalization by proposing a methodology for massive and diverse data acquisition through Augmented Reality and Digital Twin technology. The proposed framework implements artificial intelligence models trained within flexible virtual environments, where the digital twin is synchronized via WebSockets with the physical robot to develop robust motion policies in a controlled setting. This architecture enables the processing of complex data sequences to achieve effective Sim-to-Real knowledge transfer. The effectiveness of the generated trajectories is evaluated through task success rates and statistically validated using Root Mean Square Error (RMSE) and Dynamic Time Warping (DTW) metrics, demonstrating the model's robustness against obstacles and environmental variability.

Keywords: digital twin; augmented reality; artificial intelligence; imitation; model.

Entidad legal responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Financiamiento

Beca SECIHTI.

Conflictos de interés

No hay conflicto de interés.