

Desarrollo de un sistema para la validación de la pose de piezas industriales en cintas transportadoras con enfoque en simulación y experimentación avanzada



Universidad de Oviedo



Alejandro Garnung Menéndez
UO269564@uniovi.es/agarnung@cinsystems.es

Tutor/es:

Rafael Corsino González de los Reyes, Universidad de Oviedo, rcgonzalez@uniovi.es
Jorge Marina Juárez, CIN Advanced Systems Group S.L., jmarina@cinsystems.es
Daniel Pérez García, CIN Advanced Systems Group S.L., dperez@cinsystems.es



Resumen

Este proyecto consiste en el desarrollo de un sistema de tipo caja negra que utiliza imágenes de referencia y actuales provenientes de una cámara 2D para monitorizar y analizar piezas en una cinta transportadora. Para ello, las interfaces y el software necesarios para la integración de datos se implementan debidamente. El sistema ejecuta algoritmos de preprocesamiento, detección de movimiento, extracción y comparación de características, así como reconocimiento de objetos mediante técnicas de visión artificial analíticas. Estas operaciones culminan en una respuesta final a la dubitativa sobre si la pieza actual tiene una pose correcta o incorrecta, basándose en las referencias proporcionadas.

Palabras clave: visión artificial, procesamiento de imágenes, detección de objetos, estimación de pose 2D, puntos de interés, registro de imágenes.

1. Antecedentes y Objetivos

En un proceso productivo con una cadena de producción compuesta por múltiples eslabones, es esencial controlar el flujo de piezas en zonas críticas. Un aspecto crucial de este control es la evaluación de la pose (posición y orientación) de las piezas en cintas transportadoras. Identificar piezas con poses incorrectas posibilita su retirada anticipada, evitando problemas en etapas posteriores del proceso.

Para abordar este desafío industrial, se propone una solución práctica, respaldada por una herramienta de simulación robusta que permite el perfeccionamiento de algoritmos, la experimentación con diversas casuísticas y la creación de soluciones eficaces para problemas relacionados con la detección de poses incorrectas en entornos de producción.

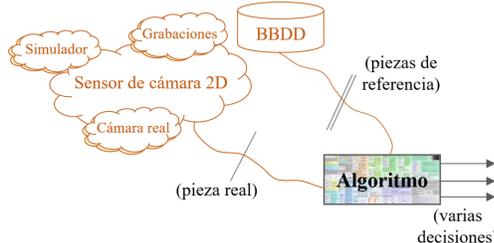


Fig. 1. Esquema que resume en conjunto el sistema creado y sus partes.

Objetivos general y particulares:

- Proponer una solución industrial viable al problema
- Desarrollar un simulador 3D de la cinta transportadora
- Integrar las cámaras 2D real y virtual bajo una arquitectura software modular
- Diseñar e implementar el algoritmo de visión artificial que resuelve el problema

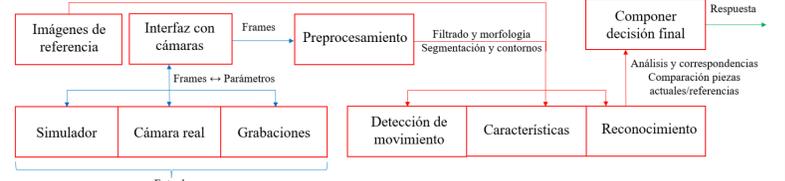


Fig. 2. Esquema general de la estrategia seguida para el diseño del sistema.

2. Diseño

El **simulador** desarrollado constituye una potente herramienta para la emulación (3D) de espacios industriales; es adecuada para experimentar y dar apoyo a los algoritmos de visión artificial que se desarrollan a lo largo del trabajo, o a futuras técnicas de aprendizaje automático por estudiar.

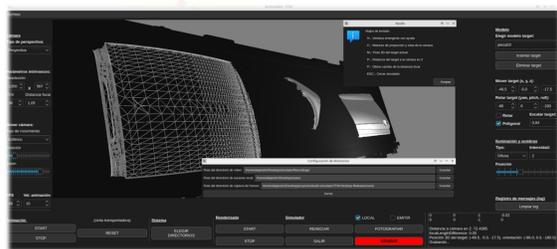


Fig. 3. Simulador desarrollado en pleno funcionamiento.

Las **interfaces** de comunicación incorporadas permiten abstraer todo lo relativo al algoritmo de procesamiento de las partes dedicadas a la comunicación con las cámaras.

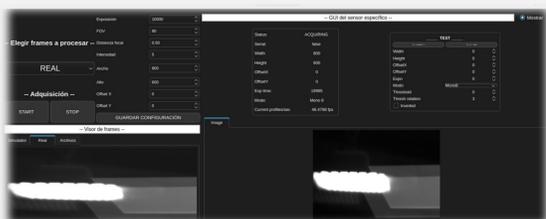


Fig. 4. GUI de las interfaces desarrolladas.

Además, otorgan al sistema una capa de abstracción al permitir controlar modularmente el flujo de frames de cualquier tipo, pues maneja un sensor real (cámara 2D), virtual (simulador) y offline (grabaciones).



Fig. 5. Principales tecnologías empleadas.

El **algoritmo** implementado funciona como un clasificador analítico para determinar la validez de la pose de una pieza en una línea de producción. Utiliza dos fuentes de datos: una colección estática de imágenes y vectores de características precalculados de piezas en su pose correcta y frames de una cámara 2D apuntando a la línea de producción.

El algoritmo utiliza diversas entidades casi-inteligentes para determinar la validez de la pose de una pieza en una línea de producción, las cuales realizan **procesamiento de imágenes**, **análisis numérico** y **reconocimiento de características** para identificar la pieza actual, generando una respuesta final basada en ponderaciones y umbrales empíricos.

El enfoque se centra en técnicas de **visión artificial**, procesamiento de señales 2D y análisis matemático para lograr un sistema robusto y especializado en resolver el problema particular de monitorizar piezas en una línea de fabricación.

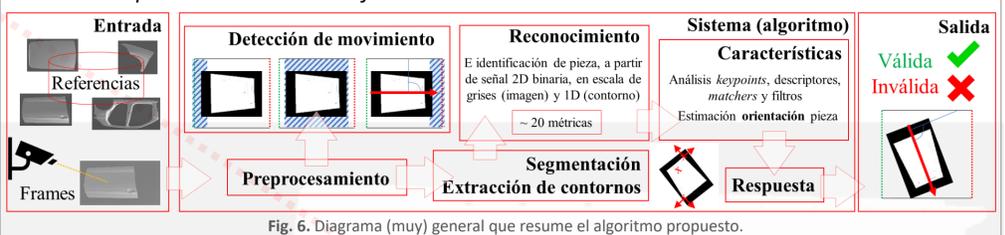


Fig. 6. Diagrama (muy) general que resume el algoritmo propuesto.

3. Resultados

Se realizan diversos experimentos configurando distintos entornos con condiciones tanto típicas como desfavorables y se llevan a cabo análisis estadísticos y de repetitividad que miden la capacidad del sistema para clasificar las piezas válidas y no válidas, así como para medir cuantitativamente la precisión del sistema.

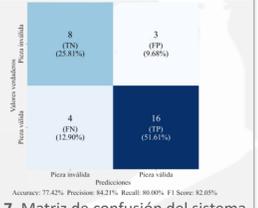


Fig. 7. Matriz de confusión del sistema.

Tabla 1. Resultados cuantitativos del sistema.

	ECC	PCA	H	Sistema completo
ECMEcc	4.249	5.732	3.890	2.830
NMSEcc	0.738	1.274	0.636	0.651
RMSSEcc	1.728	2.081	1.658	1.460
MAEcc	0.768	0.615	0.801	0.590
				σmedia 2.904
				CVmedio (%) 46.279

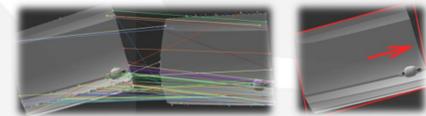


Fig. 8. Ejemplo de correspondencias entre piezas y orientación.

4. Conclusiones y Discusión

- Se presenta una solución satisfactoria y efectiva por vía puramente analítica a un problema con objetos de geometría compleja y se realiza un simulador altamente versátil y maleable que supone un paso crucial en el desarrollo de este tipo de proyectos, proporcionando una emulación de un entorno industrial controlado para probar y ajustar los algoritmos.
- La combinación de múltiples algoritmos conformando una agrupación casi-inteligente de sus partes demuestra ser efectiva para superar las limitaciones individuales de cada uno; se busca y logra robustez ante variaciones de intensidad e iluminación, cambios de perspectiva y deformaciones complejas.
- Cada herramienta y algoritmo desarrollados actúan sinérgicamente y abren un marco de investigación y experimentación de sumo interés; además, pueden dar apoyo directo a la mejora de estos métodos analíticos o la exploración de otras alternativas que involucren, p. ej., redes neuronales, boosting, aprendizaje profundo o sensores de triangulación láser.

Referencias

- [1] CIN Advanced Systems Group S.L. - dsilibs®.
[2] Documentación de Qt. [En línea]. Disponible en: <https://doc.qt.io/qt-5/>.
Otros: ver el apartado "Referencias y bibliografía" de la memoria.

Agradecimientos

A todas las personas que se mencionan en este póster y a aquellas en alguna relación con las primeras y/o el autor y el trabajo realizado.

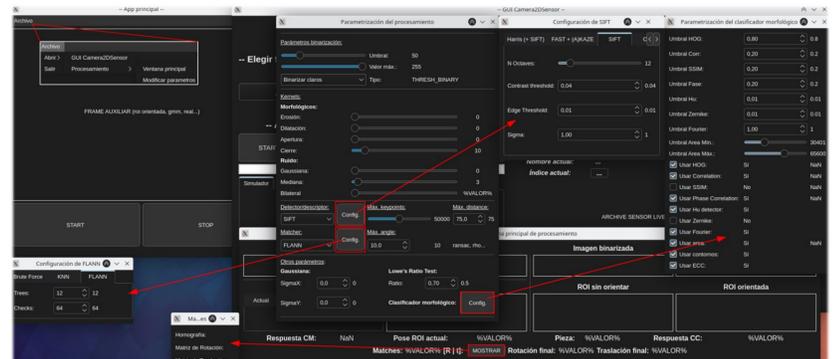


Fig. 9. Muestra de la GUI de procesamiento y experimentación desarrollada.