



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Automatización de Procesos de Manufactura Ingeniería Mecatrónica

Preguntas Base del Proyecto Integrador

Daniel Lozano Barrero
Bryan Steven Pinilla Castro
Hector Alejandro Montes Lobaton

Profesores:

Carlos Julio Cortes Rodriguez
Ubaldo Garcia Zaragoza
Victor Hugo Grisales Palacio
Luis Miguel Mendez Moreno
Ricardo Emiro Ramirez Heredia

Equipo: MechaMinds Toys

Universidad Nacional de Colombia
Bogotá D.C.
Facultad de Ingeniería
6 de marzo de 2025



1. Pregunta 1: Estrategias para escalar el gemelo digital en Siemens PLM NX Mechatronics Concept Designer sin comprometer el rendimiento en tiempo real

Preguntas Módulo de Digital Factory: ¿Qué estrategias se implementan para garantizar que el gemelo digital en Siemens PLM NX Mechatronics Concept Designer pueda escalar eficientemente para modelar la complejidad creciente de las líneas de producción de juguetes, incluyendo la simulación de múltiples robots, transportadores y estaciones de ensamblaje, sin comprometer el rendimiento de la simulación en tiempo real necesaria para la integración con el sistema SCADA Ignition?

Para garantizar la escalabilidad del gemelo digital sin afectar el rendimiento, se implementa una arquitectura modular donde los elementos de la línea de producción, como robots, transportadores y estaciones de ensamblaje, se representan como submodelos independientes. Esto permite activar solo las partes necesarias en cada momento, reduciendo la carga computacional. Además, se emplean niveles de detalle (LoD), lo que significa que los componentes pueden representarse con menor complejidad cuando no es necesario un modelado detallado de su dinámica, optimizando el uso de recursos del sistema.

Otra estrategia clave es el uso de procesamiento paralelo y aceleración por GPU, lo que distribuye los cálculos de la simulación en múltiples núcleos de procesamiento. También se optimiza la ejecución de eventos en la simulación mediante modelado de eventos discretos, lo que reduce la necesidad de cálculos físicos en cada ciclo de simulación. Finalmente, la integración con protocolos eficientes como OPC UA y MQTT permite minimizar el tráfico de datos innecesario, garantizando que el sistema pueda escalar con un número creciente de dispositivos sin afectar la simulación en tiempo real.

2. Pregunta 2: Gestión de latencia y sincronización de datos entre PLC (Studio 5000), SCADA Ignition y el gemelo digital

¿Cómo se gestiona la latencia y la sincronización de datos entre el PLC (programado en Studio 5000), el sistema SCADA Ignition y el gemelo digital en NX Mechatronics para asegurar que el estado virtual del gemelo digital refleje con precisión el estado físico del sistema de producción de juguetes en tiempo real, y qué mecanismos de validación se utilizan para garantizar la consistencia de los datos entre los diferentes componentes de la arquitectura?

La sincronización precisa entre el PLC, el SCADA y el gemelo digital se logra mediante timestamps y buffers de datos, asegurando que la información se procese en el orden correcto. Para reducir la latencia, se utilizan protocolos de comunicación de baja latencia como EtherNet/IP y OPC UA en modo publish-subscribe, lo que permite actualizar solo los datos que han cambiado en cada ciclo de comunicación. Además, se implementan algoritmos de interpolación y extrapolación en el gemelo digital para compensar posibles retrasos en la transmisión de datos y garantizar una representación fiel del estado físico del sistema.

Los mecanismos de validación incluyen comparación periódica de estados entre el gemelo digital y el sistema real para detectar discrepancias. También se aplican checksums en los paquetes de datos para garantizar su integridad y evitar errores en la transmisión. En SCADA Ignition, se configuran alertas automáticas que notifican si los datos del PLC, el SCADA y el gemelo digital presentan desincronización o valores incoherentes, lo que permite ajustes inmediatos en el sistema para mantener la coherencia operativa.



3. Pregunta 3: Capacidades de análisis predictivo del gemelo digital en combinación con SCADA Ignition

¿Qué capacidades de análisis predictivo se integran en el gemelo digital, utilizando datos históricos y en tiempo real capturados por el sistema SCADA Ignition, para predecir fallos de equipos, optimizar el rendimiento de la línea de producción de juguetes (por ejemplo, minimizando el tiempo de inactividad o maximizando el rendimiento), y cómo se utilizan los resultados de estos análisis para implementar mejoras en el control del PLC y en la configuración física de la línea de producción?

El gemelo digital incorpora modelos de análisis predictivo utilizando datos históricos y en tiempo real capturados por SCADA Ignition para anticipar fallos en equipos y mejorar la eficiencia operativa. Algoritmos de Machine Learning entrenados con patrones de fallos y consumo energético permiten detectar anomalías en el comportamiento de motores, actuadores y sensores, lo que facilita la planificación de mantenimientos preventivos. Además, se realizan análisis de tendencias en los tiempos de ciclo y el desempeño de cada estación de trabajo para identificar oportunidades de optimización en la producción de juguetes.

Los resultados del análisis predictivo se integran en el control del PLC y la configuración física de la línea de producción mediante ajustes automáticos y recomendaciones operativas. Por ejemplo, si se detecta un desgaste en un actuador, el sistema puede ajustar la velocidad de operación o sugerir mantenimiento antes de que ocurra una falla. También se pueden optimizar las secuencias de operación de robots y transportadores para minimizar tiempos muertos y mejorar la eficiencia del sistema. En SCADA Ignition, estos análisis generan reportes detallados que ayudan a los operadores a tomar decisiones informadas para mejorar el rendimiento global de la línea de producción.