

METODOLOGÍA BASADA EN SYSML Y MODELICA PARA LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE FABRICACIÓN

SYSML/MODELICA-BASED METHODOLOGY FOR SIMULATION OF MANUFACTURING SYSTEMS

Sergio Benavent-Nácher

Estudiante del Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y Materiales. Dpto. de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana, (España).

E-mail: benavens@uji.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-542X>

Fernando Romero Subirón

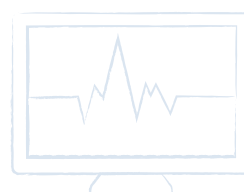
Catedrático de Universidad y miembro del grupo de investigación Ingeniería de Fabricación. Dpto. de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana, (España).

E-mail: fromero@uji.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1362-3656>

Pedro Rosado Castellano

Profesor Titular de Universidad y miembro del grupo de investigación Ingeniería de Fabricación. Dpto. de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana, (España).

E-mail: rosado@uji.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9822-9484>



RESUMEN

La elevada complejidad de los sistemas de fabricación actuales hace necesaria la adopción de los principios de la Ingeniería de Sistemas Basados en Modelos (MBSE). En este enfoque los modelos de simulación, descriptivos o de ejecución, son fundamentales en todos los procesos de toma de decisión de las etapas del ciclo de vida del sistema de fabricación (conceptualización, diseño, puesta a punto, operación, etc.). Todo ello ha propiciado el desarrollo de simulaciones de alta complejidad (simulaciones híbridas, multiescala, multidominio, etc.) y de gran fidelidad, algunas de ellas aplicables incluso en tiempo real (prototipos y gemelos virtuales). En este contexto, resulta fundamental la adopción de metodologías bien fundadas para que el proceso de definición, transformación y ajuste de los diferentes modelos de simulación sea eficiente y eficaz. Sin embargo, aún son pocas las propuestas que abordan la simulación de sistemas de fabricación desde un punto de vista metodológico. Por ello, se propone la metodología SSM (Methodology for Simulation System Modelling), desarrollada para soportar la construcción de modelos de simulación ejecutables y multidominio para sistemas complejos de fabricación y que se sustenta en la utilización sinérgica de SysML y Modelica. La metodología se ha aplicado con éxito en la simulación del sistema de control de una línea de ensamblaje multietapa que considera aspectos de calidad geométrica y de productividad, permitiendo analizar diferentes lógicas de control. Con este caso de estudio se demuestra la validez de la metodología SSM para la simulación de sistemas de fabricación y la potencialidad del uso combinado de SysML y Modelica.

PALABRAS CLAVE

Metodología, Modelado y simulación, Análisis multidominio, Sistemas de fabricación, SysML, Modelica.

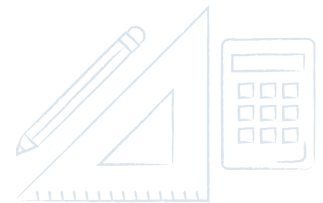


ABSTRACT

The high complexity of current manufacturing systems makes it necessary to adopt the principles of Model Based Systems Engineering (MBSE). In this approach, the descriptive or executable simulation models are fundamental in all decision-making processes of the life cycle stages of the manufacturing system (conceptualization, design, commissioning, operation, etc.). All this has led to the development of the development of highly complex (e.g. hybrid, multi-scale and multi-domain simulations) and high fidelity simulations, some of them applicable in real time (virtual twins and prototypes). In this context, the adoption of well-founded methodologies is essential for an efficient and effective definition, transformation and adjustment processes of the different simulation models. However, few proposals address the simulation of manufacturing systems from a methodological point of view. For this reason, the methodology for the Modeling of Simulation Systems (SSM methodology) is proposed. The methodology is based on the synergistic use of SysML and Modelica and supports the construction of executable and multi-domain simulation models for complex manufacturing systems. The methodology has been successfully applied in the simulation of the control system of a multi-stage assembly line to analyze different control logics considering aspects of geometric quality and productivity. This case study application demonstrates the validity of the SSM methodology for the simulation of manufacturing systems and the potential of the combined use of SysML and Modelica.

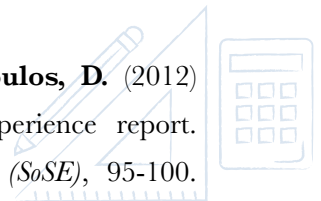
KEYWORDS

Methodology, Modeling and simulation, Multi-domain analysis, Manufacturing systems, SysML, Modelica.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bassi, L., Secchi, C., Bonfe, M., y Fantuzzi, C.** (2011). A SysML-Based Methodology for Manufacturing Machinery Modeling and Design. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 16(6), 1049-1062. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2010.2073480>
- Eigner, M., Gilz, T., y Zafirov, R.** (2012). *Interdisciplinary Product Development - Model Based Systems Engineering* <https://www.plmportal.org/en/research-detail/interdisciplinary-product-development-model-based-systems-engineering.html>
- Fritzson, P.** (2004). *Principles of Object Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1*. Wiley IEEE Press. <https://doi.org/10.1109/9780470545669>
- Johnson, T., Kerzhner, A., Paredis, C. J. J., y Burkhart, R.** (December 21, 2011). Integrating Models and Simulations of Continuous Dynamics Into SysML. *ASME. Journal of Computing Information Science in Engineering*, 12(1), 011002. <https://doi.org/10.1115/1.4005452>
- Mhenni, F., Penas, O., Hammadi, M., Choley, J., y Hehenberger, P.** (2018). *Systems engineering approach for the conjoint design of mechatronic products and their manufacturing systems*. The 12th Annual IEEE International Systems Conference (SYSCON), Vancouver, BC. <https://doi.org/10.1109/SYSCON.2018.8369560>
- Nikolaidou, M., Kapos, G., Dalakas, V., y Anagnostopoulos, D.** (2012) Basic guidelines for simulating SysML models: An experience report. *7th International Conference on System of Systems Engineering (SoSE)*, 95-100. <https://doi.org/10.1109/SYSoSE.2012.6384172>



- Penas, O., Plateaux, R., Patalano, S., y Hammadi, M.** (2016). Multi-scale approach from mechatronic to Cyber-Physical Systems for the design of manufacturing systems. *Computers in Industry*, *86*, 52-69. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.12.001>
- Sinha, R., Paredis, C. J. J., Liang, V., y Khosla, P. K.** (2000). Modeling and Simulation Methods for Design of Engineering Systems. *ASME. Journal of Computing Information Science in Engineering*, *1*(1). 84-91. <https://doi.org/10.1115/1.1344877>
- Steimera, C., Fischerb, J., y Auricha, J. C.** (2017). Model-based Design Process for the Early Phases of Manufacturing System Planning using SysML. *Procedia CIRP*, *60*, 163-168. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.036>
- Van Noten, J., Gadeyne, K., y Witters, M.** (2017). Model-based Systems Engineering of Discrete Production Lines Using SysML: An Experience Report. *Procedia CIRP*, *60*, 157-162. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.018>

