

Intégration de modèles de réseaux IP à un
multi-modèle DEVS, pour la co-simulation de
systèmes cyber-physiques

*Integration of IP network models to DEVS
multi-models, for cyber-physical system
co-simulations*

Résumé

Modéliser et simuler (M&S) un système cyber-physique (SCP) peut nécessiter de représenter des éléments provenant de trois domaines d'expertise à la fois : systèmes physiques, systèmes d'informations et réseaux de communication (IP). Le simulateur universel disposant de toutes les compétences nécessaires n'existant pas, il est possible de regrouper des modèles issus des différentes communautés, à l'aide d'un multi-modèle. Les défis sont alors 1) intégrer toute l'hétérogénéité du multi-modèle (formalismes, représentations, implémentations), 2) intégrer des modèles IP de façon à ce qu'ils soient en capacité de représenter le transport de données applicatives produites par des modèles externes et 3) les intégrer de façon à ce qu'ils puissent se compléter, pour représenter ensemble les réseaux IP parfois hétérogènes d'un SCP. Pour parvenir à répondre à ces défis, nous nous inscrivons dans la continuité des travaux de M&S autour de MECSYCO, une plateforme de co-simulation basée sur la notion de wrapping DEVS. Nous proposons de définir un cadre général pour réussir à wrapper en DEVS des modèles IP, avec 1) une structuration des différents niveaux de problèmes pour l'intégration de modèles IP dans une co-simulation (délimitation des objectifs et contraintes du wrapping), et 2) une proposition de stratégie de wrapping DEVS de modèles IP et leurs simulateurs. Nous évaluerons notre approche à travers la démonstration de l'intégration de deux simulateurs IP populaires, et d'exemples concrets de M&S de SCP (avec notamment une interconnexion de modèles entre NS-3 et OMNeT++/INET, et une application industrielle utilisée par EDF R&D).

Mots-clés: système cyber-physique, réseau ip, devs, multi-modélisation, co-simulation, mecsyco, ns-3, omnet++

Abstract

Modeling and simulation (M&S) of cyber-physical systems (CPS) can require representing components from three expertise fields : physics, information systems, and communication networks (IP). There is no universal simulator with all of the required skills, but we can gather and interconnect models provided by the communities, with a multi-model. The challenges are 1) integrating all heterogeneities in a multi-model (formalisms, representations, implementations), 2) integrating IP models in a way enabling them to represent the transport of application data produced by external models, and 3) integrating IP models in a way enabling them to complete each other, to be able to represent CPS heterogeneous IP networks. In order to meet these challenges, we relied our solution on the works around MECSYCO, a co-simulation platform based on the DEVS wrapping principle. We propose to define a comprehensive framework enabling to achieve DEVS wrapping of IP models, with 1) a structuration of different issue levels when integrating IP models in a co-simulation (goals and constraints of the wrapping) and 2) a proposition of a DEVS wrapping strategy for IP models and their simulators. We propose some evaluations of our approach, through the integration of two popular IP simulators, and concrete examples of CPS M&S (inter alia, with an example of a models interconnection between NS-3 and OMNeT++/INET, and an industrial application used by EDF R&D).

Keywords: cyber-physical system, ip network, devs, multi-modeling, co-simulation, mecsyco, ns-3, omnet++

Publications de l'auteur

Conférences internationales avec actes

- [1] Vaubourg, J., Chevrier, V., Ciarletta, L., and Camus, B. (2016). Co-Simulation of IP Network Models in the Cyber-Physical Systems Context, using a DEVS-based Platform. In *Proceedings of the Communications and Networking Simulation Symposium*, pages 193–200, Pasadena, LA, USA. Society for Computer Simulation International/ACM.
- [2] Vaubourg, J., Presse, Y., Camus, B., Bourjot, C., Ciarletta, L., Chevrier, V., Tavella, J.-P., and Morais, H. (2015). Multi-agent Multi-Model Simulation of Smart Grids in the MS4sg Project. In Demazeau, Y., Decker, K. S., Pérez, J. B., and Prieta, F. d. l., editors, *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability : The PAAMS Collection*, number 9086 in Lecture Notes in Computer Science, pages 240–251. Springer International Publishing.
- [3] Camus, B., Galtier, V., Caujolle, M., Chevrier, V., Vaubourg, J., Ciarletta, L., and Bourjot, C. (2016). Hybrid Co-simulation of FMUs using DEV&DESS in MECSYCO. In *Symposium on Theory of Modeling & Simulation - DEVS Integrative M&S Symposium*, Proceedings of the Symposium on Theory of Modeling & Simulation - DEVS Integrative M&S Symposium (TMS/DEVS 16), SCS/ACM (2016), pages 568–575, Pasadena, United States.
- [4] Dufflot, M., Quinson, M., Masegla, F., Roy, D., Vaubourg, J., and Viéville, T. (2015). When sharing computer science with everyone also helps avoiding digital prejudices. In *Proceedings of the 7th international Scratch conference (Scratch2015AMS)*.

Reuves nationales avec comité de lecture

- [1] Masegla, F., Quinson, M., Vaubourg, J., Poirel, V., Taillant, É., Arias, S., and Viennot, L. (2015). Incitation à la découverte de la programmation. *Bulletin de la société informatique de France, numéro HS1, février 2015*, pages 51–58.

Démonstrations

- [1] Vaubourg, J., Presse, Y., Camus, B., Bourjot, C., Ciarletta, L., Chevrier, V., Tavella, J.-P., Morais, H., Deneuille, B., and Chilard, O. (2015). Smart Grids Simulation with MECSYCO. In Demazeau, Y., Decker, K. S., Pérez, J. B., and Prieta, F. d. l., editors, *Advances in Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability : The PAAMS Collection*,

number 9086 in Lecture Notes in Computer Science, pages 320–323. Springer International Publishing.

- [2] Vaubourg, J., Presse, Y., Camus, B., Ciarletta, L., Chevrier, V., Tavella, J.-P., Deneuille, B., and Chillard, O. (2015). Simulation de smart grids avec MECSYCO. In Vercoeur, L. and Picard, G., editors, *23es Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents (JFSMA'15)*, pages 217–218, Rennes, France. Cépaduès.

Soumission de revues

- [1] Camus, B., Paris T., Vaubourg, J., Presse Y., Bourjot C., Ciarletta L. and Chevrier V. (2017). Co-simulation of Cyber-Physical Systems with the DEVS Wrapping Platform MECSYCO. Submitted to *Simulation : Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*.
- [2] Camus, B., Vaubourg, J., Paris T., Presse Y., Bourjot C., Ciarletta L. and Chevrier V. (2017). Wrapping DEVS de modèles IP dans MECSYCO pour la co-simulation de systèmes cyber-physiques. Submitted to *Technique et Science Informatiques (TSI)*.

Rapports techniques

- [1] Vaubourg, J., Chevrier, V., and Ciarletta, L. (2015). Intégration de simulateurs existants à une plateforme de co-simulation basée sur DEVS. In *Archives Ouvertes HAL*.
- [2] Vaubourg, J., Ciarletta, L., and Chevrier, V. (2015). Concept Grid : Réseau de télécommunications. Non-Public Industrial Deliverable.

Dépôts APP

- Contributions au développement du cœur Java de MECSYCO : dépôt APP [*MECSYCO-re-Java*] du 25/03/2015 (réf. *IDDN FR 001 14008 000 S A 2015 000 10000*).
- Contributions au développement du cœur C++ de MECSYCO : dépôt APP [*MECSYCO-re-C++*] du 25/11/2016 (réf. *IDDN FR 001 520035 000 SP 2016 000 10000*).
- Développement de l'artéfact de modèle NS-3 pour MECSYCO C++ : dépôt [*MMA4NS3*] en cours.
- Développement de l'artéfact de modèle OMNeT++/INET pour MECSYCO C++ : dépôt [*MMA4Omnet++*] en cours.