

Résumé des travaux pour l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches

Massimo Tisi - Date de soutenance le 13 Décembre 2023

Titre : Contributions à la Définition, à l'Exécution et à l'Exploitation des Langages de Transformation de Modèles

Résumé : Ce travail rassemble cinq contributions à la recherche sur les langages de transformation de modèles (MTLs), que l'auteur a présentées au cours des 14 dernières années. Le choix des contributions a pour objectif de constituer une vue d'ensemble des capacités distinctives des MTLs. Ces contributions ont conduit à des extensions du langage de transformation de modèles ATL, ou à des MTLs entièrement nouveaux.

Nous argumentons d'abord sur la lisibilité et l'utilisabilité des MTLs, en introduisant une propriété formelle des MTLs, l'additivité. Nous discutons de la manière dont l'additivité est étroitement liée à ces caractéristiques souhaitées des MTLs. Nous démontrons que ATL présente une certaine forme d'additivité.

Nous discutons de l'adéquation des transformations écrites en MTLs pour être manipulées par d'autres programmes, en particulier par d'autres transformations de modèles. Nous décrivons le concept de transformation d'ordre supérieur qui a été très influent dans la communauté. Nous montrons plusieurs exemples issus de la littérature et d'applications industrielles.

Nous montrons que les MTLs permettent une optimisation de performance implicite efficace. Nous illustrons le concept de transformation réactive, une autre idée influente. Nous montrons que les MTLs peuvent être enrichis de sémantiques réactives. Le langage de transformation résultant gère la propagation de changements incrémentiels et le calcul paresseux de manière transparente, soulageant l'utilisateur de la mise en œuvre manuelle de ces comportements.

Nous soutenons que les MTLs permettent une distribution du calcul implicite efficace. Nous montrons que le modèle de calcul de ATL s'aligne bien avec le modèle de programmation MapReduce. Cette correspondance nous permet de créer une nouvelle version de ATL qui se distribue automatiquement sur un cluster Hadoop.

Nous montrons que les MTLs sont adaptés à un raisonnement interactif et automatique. Nous concevons un nouveau MTL en tant que langage interne dans le prouveur de théorèmes Coq. Nous montrons que cela nous permet de prouver efficacement des propriétés intéressantes des transformations de modèles et facilite un raisonnement automatique ultérieur grâce à des tactiques de preuve.

Enfin, nous décrivons certaines perspectives pour la recherche future sur la transformation de modèles. Nous esquissons un projet de recherche pour coupler les moteurs de transformation de modèles avec des réseaux neuronaux à graphe et appliquer les outils résultants à l'ingénierie des jumeaux numériques.

Title : Contributions to the Definition, Execution and Exploitation of Model Transformation Languages

Abstract : This work gathers five contributions to research on model-transformation languages (MTLs), that the author presented in the last 14 years. The choice of contributions has the objective to constitute an overview of distinctive capabilities of MTLs w.r.t. general-purpose languages. All of these research ideas have led to extensions of the ATL model-transformation language over the years, or to completely new MTLs.

We first argue on the readability and usability of MTLs, by introducing a formal property of MTLs, i.e. additivity. We discuss how additivity is deeply linked to these desired characteristics of MTLs. We demonstrate that ATL exhibits additivity to some degree.

We discuss the suitability of transformations written in MTLs to be manipulated by other programs, in particular by other model transformations. We describe the concept of higher-order transformation that was very influential in the community. We show several examples from literature and industrial applications.

We show that MTLs allow for effective implicit performance optimization. We illustrate the concept of reactive transformation, another influential idea. We show that MTLs can be augmented with reactive semantics. The resulting transformation language handles incremental change propagation and lazy computation transparently, relieving the user from manually implementing these behaviors.

We argue that MTLs allow for effective implicit distribution. We show that the computation model of ATL aligns nicely with the MapReduce programming model. This correspondence allows us to create a new version of ATL that automatically distributes over an Hadoop cluster.

We show that MTLs are suitable subjects for interactive and automatic reasoning. We design a new MTL as an internal language in the Coq theorem prover. We show that this allows us to efficiently prove interesting properties of model transformations, and enables further automatic reasoning through proof tactics.

Finally, we describe some perspectives for future research on model transformation. We outline a research project for coupling model-transformation engines with graph neural networks and applying the resulting tools to the engineering of digital twins.