Faire levier sur les architectures logicielles pour guider et vérifier le développement d'applications SCC ⋆

Damien Cassou[1], Emilie Balland[2], Charles Consel[2], and Julia Lawall[3]

[1] Software Architecture Group, Hasso-Plattner-Institut, Potsdam, Germany,
[2] INRIA/University of Bordeaux, France,
[3] DIKU, University of Copenhagen, Denmark

Résumé Une architecture logicielle décrit la structure d'un système informatique en spécifiant ses composants et leurs interactions. Projeter une architecture logicielle sur une implémentation est une tâche reconnue difficile. Un élément crucial de cette projection est la description architecturale des interactions entre les composants. La caractérisation de ces interactions peut être plutôt abstraite ou très concrète, fournissant plus ou moins de support de programmation et de possibilités de vérifications statiques.

Nous explorons un point dans l'espace de conception entre les spécifications abstraites et concrètes des interactions de composants. Nous introduisons la notion de *contrat d'interactions* qui exprime les interactions autorisées. Cette déclaration architecturale permet la génération de support de programmation qui assure la conformité entre l'architecture et l'implémentation, et favorise diverses vérifications. Nous instancions notre approche sur un langage de description d'architectures pour les applications *Sense/Compute/Control* et décrivons les stratégies de compilation et de vérification associées.

1 Introduction

Une application *Sense/Compute/Control* (SCC) est une application qui interagit avec un environnement extérieur. Ces applications se retrouvent dans des domaines comme la domotique, la robotique et l'informatique autonome. Développer une application SCC est complexe car l'implémentation doit prendre en compte l'interaction avec l'environnement. De plus, la correction est essentielle puisque un changement dans l'environnement peut avoir des conséquences irréversibles.

Une application SCC peut être définie suivant un style architectural comprenant quatre types d'éléments organisés en couches : (1) les *sources*, en bas, obtiennent les informations de l'environnement ; (2) les *opérateurs de contexte* traitent ces informations ; (3) les *opérateurs de contrôle* utilisent ces informations raffinées pour contrôler (4) les *actions*, en haut, qui impactent finalement l'environnement. Projeter une architecture logicielle ayant un tel niveau d'abstraction vers une implémentation et maintenir cette projection sont des tâches reconnues difficiles.

Dans cet exposé nous proposons une approche pour lier architecture et implémentation qui vise les applications SCC. Cette approche introduit la notion de *contrat d'interactions* permettant à un architecte de déclarer quelles sont les interactions qu'un élément de l'architecture a le droit de réaliser (Section 2). Cette notion de contrat d'interactions est dédiée au style architectural SCC dans le sens où un contrat d'interactions ne peut, syntaxiquement, décrire que les interactions autorisées par le style. Les contrats d'interactions sont utilisés pour générer un support de programmation qui va guider le travail d'implémentation par les développeurs tout en maintenant la conformité avec l'architecture (Section 3). L'architecte peut aussi utiliser les contraintes exprimées par les contrats d'interactions pour vérifier un ensemble de propriétés allant au delà de la conformité (Section 4).

2 Contrats d'interactions

Le but d'un contrat d'interactions est de décrire les interactions autorisées d'un opérateur au sein d'une application SCC. Ce contrat d'interactions est un triplet constitué des informations sui-

⋆. Ces deux pages résument l'article *"Leveraging Software Architectures to Guide and Verify the Development of Sense/Compute/Control Applications"* publié à ICSE '11 vantes : *la condition d'activation* permet d'indiquer quelles sont les interactions capables d'activer l'opérateur ; *les données requises* permettent d'indiquer les interactions supplémentaires autorisées pour chaque condition d'activation ; *les actions à entreprendre* permettent d'indiquer la réponse appropriée à chaque activation (émission d'une information pour un opérateur de contexte ou commande d'une action pour un opérateur de contrôle). En résumé, les contrats d'interactions guident le travail de l'architecte en lui proposant un cadre de spécification dédié au style SCC.

3 Support de programmation

Nous avons intégré les contrats d'interactions dans DiaSpec, un langage de description d'architectures dédié aux applications SCC. À partir d'une architecture en DiaSpec, un générateur de code produit un *framework* de programmation Java dédié. Ce *framework* de programmation généré contient une *classe abstraite* pour chaque élément de l'architecture. Cette classe abstraite générée contient des méthodes pour faciliter l'implémentation des éléments ainsi que des déclarations de méthodes abstraites permettant d'implémenter la logique applicative. Implémenter un élément DiaSpec nécessite donc de créer une sous-classe de la classe abstraite générée correspondante. En conséquence, dans cette approche, un architecte peut changer l'architecture et générer un nouveau *framework* de programmation sans écraser le code des développeurs. Les changements dans l'architecture qui ont un effet sur le code déjà implémenté sont révélés par le compilateur Java assurant par là la conformité de l'implémentation avec l'architecture.

Chaque contrat d'interactions d'un opérateur se projette vers la déclaration d'une méthode abstraite dans la classe abstraite générée correspondante à l'opérateur. En particulier, (1) la condition d'activation influence le nom de la méthode abstraite ainsi que son premier paramètre ; (2) les données requises se projettent vers autant de paramètres représentant des fonctions permettant d'exécuter l'interaction supplémentaire ; (3) les actions à entreprendre se projettent vers un ou plusieurs paramètres supplémentaires ainsi que vers le type de retour de la méthode.

Le *framework* de programmation est généré de façon à guider les développeurs dans l'implémentation de l'application ainsi qu'à les limiter à ce que l'architecture autorise. En particulier, un contrat d'interactions se projette vers une méthode abstraite qui fournit en paramètre tout ce qui est nécessaire à l'implémentation de la logique applicative de l'opérateur. De plus, la déclaration de cette méthode impose au développeur de respecter les contraintes de l'architecture, assurant ainsi la conformité entre l'architecture et l'implémentation.

4 Support de vérification

Les contrats d'interactions rendent explicites des informations sur le flot de données et permettent des vérifications statiques. Par exemple, avec les contrats d'interactions, il est possible de savoir au moment de la conception tous les opérateurs qui seront éventuellement activés par la publication d'une information par une source. De plus, notre stratégie de génération assure que ces propriétés seront préservées au niveau de l'implémentation.

Les contrats d'interactions permettent aussi de vérifier des *invariants d'interactions* qui sont des propriétés vérifiées à tout moment de l'exécution. Nous caractérisons la progression d'une application SCC par son flot de données et utilisons la logique temporelle linéaire (LTL) pour définir ces invariants. Pour vérifier ces invariants, une architecture DiaSpec est automatiquement traduite en un modèle pour le *model checker* SPIN. Si un invariant n'est pas satisfait, SPIN donne un contre exemple sous la forme d'une trace d'exécution qui guide l'architecte dans la correction de son architecture. Cet exemple montre que les contrats d'interactions rendent explicites les concepts clés du style architectural SCC et donc facilitent les analyses sur le flot de données.

5 Conclusion

Nous avons introduit la notion de contrat d'interactions exprimant les interactions autorisées au sein d'une architecture SCC. Les contraintes exprimées par ces contrats d'interactions permettent des vérifications et guident l'implémentation de l'architecture, tout en assurant la conformité.