8
Conclusões e trabalhos futuros

Esta tese apresentou a descrição do domínio de SMAs através de ontologias que formalizam o arcabouço conceitual TAO (Silva et al, 2003) e que serviram como base para a definição de um método bifásico que provê suporte à estruturação e análise de modelos de SMAs. O método é baseado em ontologias que descrevem o domínio de SMAs e o metamodelo de uma linguagem de modelagem orientada a agentes, a qual segue o estilo de UML. Para demonstrar a viabilidade do método, o mesmo foi aplicado para a linguagem de modelagem MAS-ML (Silva, 2004). Durante a aplicação do método para MAS-ML também foi implementada uma ferramenta para prover suporte automático à sua utilização. Além desta aplicação, o método também foi aplicado para a linguagem AUML (Bauer et al, 2001), a fim de analisar o quão geral é a descrição do domínio de SMAs feita pelas ontologias.

A definição do método em duas fases dá ao desenvolvedor a flexibilidade desejada durante a atividade de construção de modelos na medida em que permite a introdução de erros de sintaxe durante a construção de tais modelos. Porém, quando executado, o método indica onde os erros ocorrem. Na fase F1 da execução do método, cada diagrama é analisado individualmente. Esta análise se dá através de consultas que devolvem como resposta violações às propriedades internas de cada diagrama. Na fase F2 os diagramas são analisados em conjunto, através de consultas que devolvem como resposta violações às propriedades de interdependência entre os diagramas.

Além da análise dos modelos, o método também disponibiliza meios que fornecem ao desenvolvedor sugestões sobre condutas de boas práticas de modelagem. As sugestões são baseadas nas características de SMAs e na forma como estas características são especificadas pela linguagem de modelagem na qual o método é aplicado. Tais sugestões são apresentadas como respostas a consultas previamente definidas.

A ferramenta MAS-DCheck, implementada para automatizar o uso do método aplicado para a linguagem MAS-ML será incorporada ao *VisualAgent* (Maria et al, 2005) uma ferramenta gráfica de edição de modelos MAS-ML, que

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

também possui a funcionalidade de gerar código Java a partir de modelos MAS-ML. Assim, as inconsistências surgidas durante a construção de diagramas usando o *VisualAgent* serão automaticamente detectadas e informadas ao desenvolvedor. Espera-se, com isso, não só ajudar o desenvolvedor a diminuir o tempo de desenvolvimento destes modelos, como também melhorar a qualidade dos modelos de SMAs descritos em MAS-ML.

Durante a pesquisa para definição e elaboração do método foram publicados alguns artigos (Silva et al, 2003; Brandão et al, 2004; 2005; Brandão et al 2005, 2005a; 2005b), que serviram para testar conjecturas e absorver comentários valiosos para o aprimoramento do método.

Consideram-se como pontos fortes do método Observed-MAS:

- o uso de uma abordagem baseada em conhecimento para estruturar e analisar modelos de SMAs descritos em linguagens de modelagem orientadas a agentes, permitindo a utilização de tecnologias bem estabelecidas para atividades de análise e consulta a bases de conhecimento.
- o uso de ontologias para descrever a semântica dos diagramas da linguagem de modelagem. Com isso obtem-se uma descrição formal do metamodelo da linguagem de modelagem, cujos diagramas podem ser mapeados para instâncias da ontologia através, por exemplo, da utilização de editores de ontologias. Isto significa que, uma vez instanciado para uma determinada linguagem, não é exigido do desenvolvedor qualquer conhecimento prévio sobre a lógica usada para analisar os modelos. Basta, por exemplo, que ele consiga manejar um editor gráfico de ontologias (Protégé, 2004).
- a definição de consultas que fornecem ao desenvolvedor sugestões de condutas de boas práticas de modelagem usando a linguagem MAS-ML e a linguagem AUML.

Consideram-se como pontos fracos do método Observed-MAS:

- a dependência do método ao TAO (Silva et al, 2003). A dependência será contornada considerando um refinamento das ontologias que descrevem o domínio de SMAs, através da definição de um conjunto minimal de conceitos e relacionamentos que descrevem o domínio.
- apesar de plenamente estabelecidas, as tecnologias utilizadas para análise e consultas a bases de conhecimento sofrem, em geral, de limitações computacionais associadas à expressividade da lógica usada

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

para descrever a estrutura das bases de conhecimento, e ao tamanho das bases de conhecimento analisadas.

8.1. Contribuições da tese

Dentre as principais contribuições da tese cita-se:

- a descrição do domínio de SMAs através de ontologias que formalizam o arcabouço conceitual TAO (Silva et al, 2003);
- a definição do método Observed-MAS;
- a descrição formal parcial do metamodelo de MAS-ML;
- a implementação de uma ferramenta de suporte à análise automática de modelos MAS-ML usando o Observed-MAS; e
- a definição de propriedades de boas práticas de modelagem de SMAs.

As ontologias que descrevem o domínio de SMAs resultaram na formalização do arcabouço conceitual TAO. O TAO foi concebido para prover melhor entendimento do domínio de SMAs e serviu de embasamento para a definição de uma linguagem de modelagem para SMAs (Silva, 2004) e para a definição de um método arquitetural orientado a aspectos e de uma linguagem de padrões associados, por exemplo, às propriedades de autonomia e mobilidade de agentes (Garcia, 2004). Tanto a linguagem de modelagem, quanto o método arquitetural e a linguagem de padrões podem se beneficiar desta formalização. Nesta tese apresentou-se uma aplicação das ontologias na definição de um método que permite a análise de modelos descritos na linguagem de modelagem.

O método Observed-MAS, quando aplicado a uma linguagem de modelagem, permite a estruturação e análise de modelos de SMAs nela descritos. A estruturação a que se refere o método é o embasamento formal que as ontologias fornecem aos diagramas da linguagem. A partir desta estruturação considera-se os modelos como instâncias de ontologias e utiliza-se sistemas de representação de conhecimento para proceder à análise de tais modelos.

A efetiva aplicação do método para a linguagem MAS-ML proporcionou a descrição formal parcial do metamodelo de MAS-ML através da integração das ontologias que formalizaram o TAO com a ontologia que descreve o metamodelo de MAS-ML. Como complemento a esta aplicação foi implementada uma

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

ferramenta de suporte à utilização do Observed-MAS para a linguagem MAS-ML que será brevemente incorporada a um editor gráfico de modelos MAS-ML (Marial et al, 2005) e proporcionará maior agilidade durante a atividade de análise dos modelos, estimulando o uso da linguagem e diminuindo o tempo de desenvolvimento destes modelos.

A definição de propriedades de boas práticas de modelagem de SMAs é baseada em propriedades específicas a este tipo de sistemas, como por exemplo, interação entre agentes. A partir da definição destas propriedades especificou-se um conjunto de consultas cujas respostas devolvem ao desenvolvedor informações sobre pontos onde o modelo pode ser melhorado, no sentido de tratar propriedades de agência usando a linguagem de modelagem na qual o método foi aplicado. Além disso, estas propriedades podem servir como indicadores para a definição de padrões de projeto que descrevam características específicas a SMAs.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

8.2. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros propõem-se:

- o refinamento das ontologias que descrevem o TAO para que as mesmas possam descrever de forma mais geral o domínio de SMAs;
- a aplicação do método para outras linguagens de modelagem orientadas a agentes, como AORML;
- a definição de novas propriedades de boas práticas de modelagem de SMAs;
- a finalização da aplicação do método para AUML;
- a integração da ferramenta MAS-DCheck à ferramenta gráfica de edição de modelos MAS-ML, *VisualAgent*, a fim de viabilizar a utilização sistemática do método;
- investigar o uso de ontologias e consultas para tratar/regular a comunicação entre agentes (FIPA/IEEE).

O refinamento das ontologias que descrevem o TAO deve considerar o conjunto minimal de conceitos e propriedades que identifiquem entidades e relacionamentos usados em linguagens de modelagem orientadas a agentes. Esta tarefa será efetivada após a aplicação do Observed-MAS para outras

linguagens de modelagem, quando ficará evidente o conjunto de conceitos e relacionamentos a serem considerados. Espera-se que a definição de novas propriedades de boas práticas de modelagem seja conseqüência natural da realização de novos estudos de caso envolvendo o Observed-MAS.

Quanto à integração do MAS-DCheck ao *VisualAgent*, será feita através do mapeamento da descrição interna dos diagramas MAS-ML gerada pelo *VisualAgent* para instâncias das ontologias Ont1 e Ont2 definidas durante a aplicação do Observed-MAS para MAS-ML.

A comunicação entre agentes é peça chave durante o desenvolvimento de SMAs. Porém, ela pressupõe a utilização de protocolos que, por sua vez, são compostos de mensagens, que podem disparar a execução de ações, e assim por diante, podendo envolver um grau de complexidade elevado. As ontologias definidas durante as instanciações realizadas para o Observed-MAS tratam dos protocolos de comunicação de forma macro, apenas descrevendo sua estrutura. Devido à importância do problema pretende-se investigar o uso da mesma abordagem usada pelo método considerando uma ontologia especialmente voltada para a análise de atos de comunicação entre agentes, inclusive no contexto de sistemas abertos e regulados por leis bem definidas.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA