

1

Introdução

O uso da tecnologia de agentes vem sendo dito como adequado para lidar com a heterogeneidade, adaptabilidade e a característica aberta de alguns sistemas distribuídos [1, 2, 3]. Em sistemas distribuídos abertos, os agentes podem ser não-cooperativos, estão imersos em um ambiente altamente imprevisível e, freqüentemente, os outros agentes que compõem o sistema não são conhecidos *a priori*. O comportamento global deste tipo de sistema emerge da interação entre os agentes e, portanto, não pode ser totalmente previsto.

Embora este tipo de comportamento emergente seja aceitável ou mesmo desejável, em algumas aplicações, isto pode levar a falhas no sistema [4]. Isto é especialmente verdade em domínios tais como comércio eletrônico [5], cadeia de fornecimento [6] e aplicações médicas [7].

Muitos pesquisadores vêm usando a idéia de instituições eletrônicas para alcançar níveis maiores de previsibilidade [8, 9, 10] e confiabilidade [11, 12] nas organizações de agentes. Desta forma, a característica aberta dos sistemas multi-agentes pode ser melhor gerenciada. Instituições eletrônicas são a contrapartida eletrônica para as instituições que existem na sociedade humana. Elas são estabelecidas para regular as interações entre as partes que estão realizando alguma atividade [12]. Uma vez que as interações são especificadas pelas instituições eletrônicas, é preciso que haja uma infra-estrutura de software que garante que os agentes que fazem parte da instituição interajam de acordo com as especificações. Desta forma, é possível alcançar níveis maiores de previsibilidade e, conseqüentemente, acarretará em uma menor probabilidade de falhas no sistema. Neste contexto, vários modelos de instituições eletrônicas foram propostos [13, 9, 14, 15, 16, 17].

1.1

Definição do Problema

Os modelos atuais de instituições eletrônicas são tipicamente muito abstratos, provendo apenas modelos de alto nível, sem nenhuma infraestrutura de

software que permita a sua implantação; muito específicos, fornecendo apenas uma infraestrutura de software mas faltando prover modelos conceituais que expliquem a estrutura e a dinâmica da instituição eletrônica; ou não lidam com aspectos importantes de um sistema real, tal como a influência do tempo nas interações. A influência do tempo nas interações reflete fatos como a estipulação de prazos para o cumprimento de uma determinada ação por um agente, ou mesmo a definição que uma ação a_1 é válida no tempo t_1 mas inválida no tempo t_2 , onde $t_1 < t_2$. Além disso, apesar de conceitos como normas e protocolos de interação estarem presentes nos modelos atuais, em geral, eles existem de forma não integrada, onde normas não são especificadas atuando em protocolos de interação e vice-versa. Desta forma, existe uma carência de modelos que relacionem os conceitos mais comuns quando se trata de instituições eletrônicas e, ao mesmo tempo, proponham novos conceitos para lidar com dinamicidade dos sistemas abertos.

Um modelo conceitual deve ser apoiado por uma infra-estrutura de software que monitore as interações entre os agentes e verifique se estão de acordo com as especificações, a partir de elementos do modelo conceitual. Por causa da heterogeneidade dos agentes que podem compor um sistema, a linguagem na qual as interações são especificadas deve ser independente da linguagem de programação dos agentes.

1.2

Solução proposta

Busca-se com esta dissertação a definição de um modelo conceitual que considere a variável tempo na especificação da interação de sistemas multi-agentes. Além disso, é proposta a implementação de uma infraestrutura de software baseada na idéia de instituições eletrônicas, que permita monitorar e verificar as interações de um sistema multi-agente aberto.

Neste sentido, este trabalho apresenta uma abordagem baseada em leis de interação para construir sistemas multi-agentes abertos, onde um controle sobre o comportamento dos agentes é esperado. A idéia de leis em sistemas de software já havia sido primeiramente introduzida em [18], porém, de forma não específica para leis de interação. Leis são utilizadas nesta dissertação como sendo o conjunto de elementos disponíveis para especificar as regras de interação de um sistema multi-agente. Este conjunto de elementos é definido por um modelo conceitual.

Um modelo conceitual é proposto para a especificação da forma como as interações são reguladas em um sistema multi-agente. Propõe-se também

uma linguagem declarativa para a especificação da interação de acordo com os elementos do modelo conceitual e uma infra-estrutura de software que age como mediador das interações garantindo que elas estejam de acordo com as especificações.

1.2.1

Modelo conceitual

O modelo conceitual é composto por conceitos que permitem representar aspectos da interação entre agentes. Entre estes conceitos estão as cenas, que abstrai as interações em “módulos”; protocolos de interação, que definem precisamente as alternativas de conversação que os agentes podem ter; normas, que capturam os conceitos de obrigação, permissão e proibição dos agentes; relógios, que adicionam um aspecto temporal nas interações, permitindo que determinado comportamento seja válido somente por um período tempo; e ações, que permitem executar códigos de recuperação automática no sistema em caso de falhas. Além disso, o modelo conceitual pode ser representado declarativamente através de uma linguagem baseada em XML, denominada XMLaw.

1.2.2

Infraestrutura de Software

Uma estrutura de software foi implementada na forma de framework orientado a objetos para dar suporte ao monitoramento e aplicação das leis. Através dos *hotspots*, a estrutura é flexível o suficiente para minimizar os custos com futuras atualizações. Aos desenvolvedores dos agentes, também é oferecido apoio através de APIs que permitem o desenvolvimento de agentes integrados à infraestrutura de leis proposta.

1.3

Contribuições

Nesta dissertação, apresenta-se uma abordagem para regular a interação dos agentes que fazem parte de um sistema multi-agente aberto. Mais precisamente, as contribuições desta dissertação são:

- Modelo conceitual de leis.
- Linguagem declarativa para a especificação das leis de acordo com o modelo conceitual.

- Framework que monitora as interações dos agentes e garante a aplicação das leis.

1.4

Organização da Dissertação

O restante deste trabalho está estruturado como a seguir.

- No Capítulo 2, são apresentados alguns conceitos necessários para o entendimento da dissertação. Entre eles estão incluídos sistemas multi-agentes e sistemas abertos.
- No Capítulo 3, mostra-se uma visão geral da área de pesquisa na qual esta dissertação se situa. O propósito deste capítulo é facilitar o entendimento da contribuição da dissertação.
- No Capítulo 4, apresenta-se o modelo conceitual para regular as interações de sistemas multi-agentes. A linguagem declarativa que dá suporte a este modelo (XMLaw) é usada para ilustrar como os conceitos são especificados, sendo que sua gramática é apresentada no Apêndice B.
- O framework de software que monitora as interações dos agentes, interpreta as leis e garante a aplicação delas é apresentado no Capítulo 5.
- Um estudo de caso no contexto de compra e venda de produtos em um aeroporto é utilizado para ilustrar o desenvolvimento das leis (Capítulo 6).
- Finalmente, as conclusões, resultados e trabalhos futuros são apresentados no Capítulo 7.