

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Cynthia Luiza Rigo Moisés

**Fidedignidade em Sistemas Multi-Agentes Abertos: Uma
Abordagem através de Contratos**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientadores: Arndt Von Staa
Jean-Pierre Briot

Rio de Janeiro,
27 junho de 2008



Cynthia Luiza Rigo Moisés

**Fidedignidade em Sistemas Multi-Agentes Abertos: Uma
Abordagem através de Contratos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Arndt Von Staa

Orientador
Departamento de Informática – PUC-Rio

Carlos José Pereira de Lucena

Departamento de Informática – PUC-Rio

Renato Fountoura de Gusmão Cerqueira

Departamento de Informática – PUC-Rio

José Eugenio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 27 de junho de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Cynthia Luiza Rigo Moisés

Graduou-se no Curso de Bacharelado em Informática da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar-SP) em 2004. É pesquisadora nas áreas de Engenharia de Software de Sistemas Multiagentes no Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio e Analista de Sistemas da Petrobrás.

Ficha Catalográfica

Moisés, Cynthia Luiza Rigo

Fidedignidade em sistemas multi-agentes abertos: uma abordagem através de contratos / Cynthia Luiza Rigo Moisés ; orientadores: Arndt Von Staa, Jean-Pierre Briot. – 2008.

102 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Engenharia de software. 3. Contratos. 4. Fidedignidade. 5. Sistemas multi-agentes. 6. Sistemas abertos. 7. Sistemas distribuídos. 8. Framework. I. Staa, Arndt Von. II. Briot, Jean-Pierre. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD:004

À minha família.

À Beatriz, Pedro e Gustavo.

Agradecimentos

Ao longo do mestrado tive a oportunidade de entrar em contato com diversos companheiros, que sempre me incentivaram e acreditaram no resultado deste trabalho. Alguns, no entanto, recordarei com um carinho especial e merecem destaque:

- Prof. Arndt, cuja serenidade, dedicação, competência e exemplo foram imprescindíveis para o resultado final deste trabalho;
- Prof. Jean-Pierre Briot, pela idéia inicial, pelos conselhos e críticas, e por conduzir a pesquisa sempre com muito entusiasmo;
- Prof. Lucena, por ter me convidado a trabalhar com sistemas multi-agentes e por ter me colocado em contato com uma extensa rede de colaboradores;
- Meu querido marido Gustavo, pela paciência, companheirismo, por ser meu maior motivador e minha fortaleza, e principalmente, pelo amor que preenche todos os meus dias.
- Minha querida filha Beatriz, por compreender que precisava trabalhar, pelo seu carinho e amorosidade, pelas brincadeiras descontraídas ao final do dia e por aliviar meu cansaço rotineiro;
- Meu querido filho Pedro, que chegou ao mundo ao término desta dissertação, por seu sorriso, calma e simpatia.
- Toda minha família, minha mãe e meu pai, que, embora distantes fisicamente, sempre pude confiar e sempre estiveram ao meu lado.
- Amigos da PUC e do laboratório, pelas sugestões e pelos momentos aprazíveis.

- Ao professor Renato Cerqueira, por aceitar compor a banca examinadora e revisar este trabalho.

Agradeço ainda a Capes, por financiar parte desta pesquisa, e a PUC, por toda a infra-estrutura.

Finalmente, agradeço a Deus, por me guiar na jornada da vida, por me socorrer nos momentos mais difíceis e por me permitir trabalhar.

Resumo

Moisés, Cynthia L.R.; Staa, Arndt von. **Fidedignidade em Sistemas Multi-Agentes Abertos: Uma Abordagem através de Contratos**. Rio de Janeiro, 2008. 102p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesta dissertação apresenta-se um modelo para aplicação de contratos em ambientes multi-agentes abertos. A idéia principal em um sistema multi-agente é que um comportamento global inteligente possa ser alcançado a partir do comportamento individual dos agentes. Neste contexto, surge a dificuldade em se garantir que agentes estão cooperando corretamente para alcançar os objetivos da organização no qual estão inseridos. O modelo proposto neste trabalho visa expandir os conceitos de contratos em componentes a sistemas multi-agentes abertos. Contratos podem ser entendidos como uma forma de negociação entre componentes, no qual se estabelecem obrigações e benefícios que devem ser respeitados por todos os participantes do contrato na execução de serviços. Porém, quando o assunto é sistemas multi-agentes, há pouca literatura disponível. Isto se deve pela dificuldade de se traduzir contratos para componentes sobre o paradigma orientado a objetos às características dos agentes. Componentes possuem métodos e interfaces bem definidas, enquanto agentes ocultam suas estruturas internas e talvez apresentem comportamentos complexos. Um *framework* foi desenvolvido baseado no modelo conceitual proposto. O resultado visa demonstrar a viabilidade de se aplicar contratos para componentes a ambientes multi-agentes abertos, com o objetivo de gerenciar e averiguar a cooperação entre agentes, levando em consideração seus papéis na organização e respeitando suas características individuais.

Palavras-chave

Engenharia de Software, Contratos, Fidedignidade, Sistemas Multi-Agentes, Sistemas Abertos, Sistemas Distribuídos, *Framework*

Abstract

Moisés, Cynthia L.R.; Staa, Arndt von. **Dependability of Open Multi-Agent System: a contract approach.** Rio de Janeiro, 2008. 102p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work, we propose a model for applying contracts in open multi-agent systems. The main idea in a multi-agent system is that an intelligent global behavior can be reached from the individual behavior of the agents. In this context, it is difficult to guarantee that the agents are correctly cooperating to reach the organization objectives in which they are inserted. The model considered in this work expands the contract concepts in components to open multi-agent system. Contracts can be understood as a negotiation form between components, which entails obligations and benefits for both parties. However, when the subject is multi-agent systems, there are a few available literatures. This is explained because contracts for components, guided on object paradigm, are hard to be translated to the characteristics of the agents. Components have methods and well defined interfaces, while agents hide their internal structures and perhaps they present complex behaviors. A framework was developed based on the conceptual model we are proposing. The result demonstrates the viability of applying contracts for components to the open multi-agents environments. The main goal is to manage and to inquire the cooperation between agents, considering the agents roles in the organization and respecting the individual agent characteristics.

Keywords

Software Engineering, Contracts, Dependable, Multi-Agent System, Open System, Distributed System, Framework.

Sumário

1 - Introdução	14
1.1 Definição do Problema	14
1.2 Solução Proposta	15
1.2.1 Modelo Conceitual	16
1.2.2 Infraestrutura de Software	16
1.3 Contribuições	16
1.4 Organização da Dissertação	16
2 - Fundamentos	18
2.1 Sistemas Abertos	18
2.2 Sistemas Multi-Agentes	20
2.2.1 Inteligência dos Agentes	22
2.2.2 Características de Ambientes Multi-Agentes	24
2.2.3 Classificação dos Agentes	25
2.3 Fidedignidade em Sistemas de Software	26
2.3.1 Fidedignidade e seus atributos	26
3 – Trabalhos Relacionados	31
3.1 Organização de Sistemas Multi-Agentes	31
3.1.1 Modelo LGI – <i>Law-Governed Iteration</i> (Minsky et al, 2000)	33
3.1.2 Modelo de Regulação de Leis proposto por (Paes et al, 2005a)	34
3.1.3 Modelo Organizacional AALAADIN	36
3.1.4 Modelo Organizacional GAIA	37
3.1.5 Modelo Organizacional MESSAGE/UML	40
3.1.6 Modelo Organizacional Tove	41
3.1.7 Modelo Organizacional Moise	43
3.1.8 Comparação entre modelos organizacionais	45
3.2 Organização Contratual	47
3.2.1 Teoria Design By Contract	47
3.2.2 Contratos para Componentes – Beugnard et Al	47
3.2.3 Plataforma TAMAGO para Componentes	50

4 - Framework proposto para Sistemas Multi-Agentes Abertos	54
4.1 Modelo Conceitual	54
4.1.1 Mensagem	56
4.1.2 Protocolo, Estado e Transição	57
4.1.3 Serviço e Máquina de Estados	59
4.1.4 Módulo Gerenciamento de Contratos	60
4.1.5 Módulo Gerenciamento de Serviços	65
5 – Suporte de Software	67
5.1 Modelos de Comunicação entre agentes	67
5.2 Linguagem de comunicação FIPA-ACL	69
5.3 Plataforma JADE	69
5.3.1 O Agente em JADE	73
6 - Caso de Uso – Supply Chain Management	79
6.1 Cadeia de Suprimentos	79
6.1.1 Ponto Flexível – Protocolo	80
6.1.2 Ponto Flexível – Contratos	82
6.1.3 Geração de relatórios	87
7 - Conclusões e Trabalhos Futuros	94
8 - Referência Bibliográfica	97

Lista de figuras

Figura 1: Classificação de um agente (Gilbert et al. 1995) adaptado.	23
Figura 2: Características de um ambiente Multi-Agente, segundo (Weiss, 1999).	25
Figura 3: Fidedignidade e seus atributos (Gatti, 2006), adaptado de (Avizienis et al, 2004).	29
Figura 4: Organização de sistemas multi-agentes (Lameitre et al, 1998).	31
Figura 5: XMLaw: Modelo Conceitual proposto por (Paes et al, 2005a).	34
Figura 6: Arquitetura M-Law (Paes et al, 2005a).	35
Figura 7: Modelo AALAADIN de organização, segundo (Ferber et al, 1998).	37
Figura 8: Modelo GAIA de organização, segundo (Wooldridge et al, 2000).	38
Figura 9: Divisão em camadas do modelo GAIA.	39
Figura 10: Modelo de organização MESSAGE, segundo (Caire et al, 2001).	41
Figura 11: Modelo de organização Tove, proposto por (Fox et al, 1998).	43
Figura 12: Descrição de uma missão no modelo MOISE, proposto por (Hannoun, 2002).	44
Figura 13: Entidade organizacional no modelo MOISE.	45
Figura 14: Contrato proposto por Meyer, 1992.	47
Figura 15: Contrato básico, proposto por (Beugnard et al, 1999).	48
Figura 16: Contrato comportamental, proposto por (Beugnard et al, 1999).	49
Figura 17: Modelo Fractal, extraído de (Collet et al, 2004a).	50
Figura 18: Plataforma Tamago, extraída de (Peschanski et al, 2006).	51
Figura 19: Modelo conceitual do <i>framework</i> proposto nesta dissertação.	54
Figura 20: Mensagem.	57
Figura 21: Foco no Protocolo.	58
Figura 22: Protocolo.	58
Figura 23: Estado.	58
Figura 24: Transição.	59
Figura 25: Serviço e Máquina de Estados.	60
Figura 26: Diagrama de seqüência do contrato de serviço.	61
Figura 27: Contrato de Serviço.	61
Figura 28: Contrato de Componente.	62
Figura 29: Contrato de Assembly.	62
Figura 30: Esquema de contrato de composição.	63

Figura 31: Diagrama de seqüência do agente mediador.	64
Figura 32: Exemplo de saída de um relatório.	65
Figura 33: Comunicação entre agentes via troca de mensagens.	68
Figura 34: Exemplo de uma mensagem definida em FIPA-ACL.	69
Figura 35: Modelo padrão de plataforma de agentes definido pela FIPA.	70
Figura 36: Containers e a Plataforma JADE, extraído de (Jade,2003), adaptado.	72
Figura 37: Hierarquia das classes derivadas de Behaviour, extraída de (Silva, 2003).	75
Figura 38: Esquematização de uma cadeia de suprimentos com foco em serviços [Moisés, 2007].	80
Figura 39: Interação Client – Retail.	81
Figura 40: Máquina de Estados e Protocolo do Agente Vendedor (<i>Retail</i>).	81
Figura 41: Contrato de serviço para o fornecimento de CPU.	82
Figura 42: Código do contrato de serviço para o fornecimento de cpu.	83
Figura 43: Contrato de componente de um agente fornecedor.	83
Figura 44: Código de um contrato de componente de um agente fornecedor.	84
Figura 45: Contrato de assembly de um agente cliente e um agente montador (manufacturer).	85
Figura 46: Código de um contrato de <i>assembly</i> entre um agente cliente e um montador.	85
Figura 47: Exemplo de um contrato de composição.	86
Figura 48: Código de um contrato de composição.	87
Figura 49: Resultado da execução do serviço <i>supply_cpu-service</i> fornecido pelo agente <i>supplier</i> ao agente <i>manufacturer</i> .	90
Figura 50: Diagrama de pacotes mostrando os agentes e seus respectivos comportamentos.	91
Figura 51: Resultado de um contrato não cumprido.	93

“Quando um homem fracassa, não é porque lhe faltou inteligência ou capacidade, mas paixão”.

Struthers Burt, escritor.