

José de Souza Pinto Guedes

**Um Framework para o Cálculo de
Reputações de Agentes de Software
Baseado em testemunhos**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

Programa de Pósgraduação em Informática

Rio de janeiro

Março de 2007

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



José de Souza Pinto Guedes

**Um Framework para o Cálculo de
Reputações de Agentes de Software
Baseado em testemunhos**

Dissertação de Mestrado

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

Orientadores: Prof. Carlos José Pereira de Lucena
Prof. Viviane Torres da Silva

Rio de Janeiro
março de 2007



José de Souza Pinto Guedes

**Um Framework para o Cálculo de
Reputações de Agentes de Software
Baseado em testemunhos**

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.

Prof. Carlos José Pereira de Lucena
Orientador
Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Viviane Torres da Silva
Co-orientadora
Departamento de Sistemas Informáticos y
Computación - UCM

Prof. Arndt Von Staa
Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Ricardo Choren Noya
Seção de Engenharia de Computação - IME

Prof. José Eugênio Leal
Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de março de 2007

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

José de Souza Pinto Guedes

Ficha Catalográfica

Guedes, José de Souza Pinto

Um Framework para o Cálculo de Reputações de Agentes de Software Baseado em testemunhos / José de Souza Pinto Guedes; orientador: Carlos José Pereira de Lucena ; co-orientadora: Viviane Torres da Silva – 2007.

117f. : il. ; 30 cm

Dissertação, (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática

Inclui bibliografia.

1. Informática – Teses. 2. Sistemas Multi-Agentes. 3. Reputação. 4. Confiança. 5. Normas. 6. Testemunhos. 7. Organizações. 8. Frameworks. I. Lucena, Carlos José Pereira de . II. Silva, Viviane Torres da. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

À minha esposa Sílvia e minha filha Bruna, por todo apoio e compreensão durante os dois anos de estudo. São as grandes motivadoras da minha vida.

Aos meus afilhados Lucas e Pedro, que eles possam trilhar o caminho da academia.

À Viviane pela co-orientação, dedicação e ensinamentos, fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Lucena pela orientação, apoio e confiança depositada em mim.

Ao professor Arndt pelas contribuições a este trabalho e pelas ótimas aulas de Teste e Medição de Software.

À Fernanda, companheira de mestrado que me ajudou muito durante todo o curso.

Aos meus amigos do IBGE, em especial ao Sérgio Côrtes por estar sempre impulsionando minha carreira e por ter sido o maior responsável pela oportunidade que me foi concedida ao participar deste curso e ao Eduardo Olímpio e Ana Cristina Pessanha pelo incentivo e ajuda.

À Wilma Côrtes por ter me incentivado a fazer este curso.

À minha irmã Rita, pelas aulas de inglês das sextas-feiras.

Aos amigos Carlos Alberto, Kátia, Luiz Eugênio e Mônica e seus filhos Luiza e Leo, pelos momentos de descontração.

Aos companheiros do seminário de Governança em Sistemas Multi-Agentes.

Aos amigos do mestrado Rafael, Guilherme, Daniel Goiano, Renato Caculé, Regiane, Gralhoz, Bernardo e Maíra.

À PUC-Rio, funcionários e professores que contribuíram para a minha formação.

Ao IBGE por tornar possível realizar o mestrado, dando todas as condições necessárias de tempo e completo financiamento.

Resumo

Guedes, José de Souza Pinto Guedes; Lucena, Carlos José Pereira de (Orientador); Silva, Viviane Torres da (Co-orientadora). **Um Framework para o Cálculo de Reputações de Agentes de Software Baseado em testemunhos**. Rio de Janeiro, 2007. 117p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Mecanismos de reputação são utilizados para aumentar a confiança e o desempenho de sociedades virtuais. Diferentes modelos de reputação descentralizados foram propostos baseados em interações entre agentes. Cada agente de software é capaz de avaliar e armazenar as reputações dos agentes com quem eles interagiram e também podem testemunhar a outros agentes sobre tais reputações. As desvantagens principais de tais abordagens quando aplicadas em sistemas multi-agentes abertos e de larga escala são a dificuldade de estabelecer interações repetidas entre os agentes, a inviabilidade, em algumas situações, do processo de busca por testemunhas, o fato de a reputação ser influenciada pelo ponto de vista de um outro agente e o fato de que os agentes podem não estar dispostos a testemunhar colaborando com agentes concorrentes. Esta dissertação propõe um modelo de reputação híbrido, reunindo características de abordagens centralizada e descentralizada para superar tais problemas. As reputações são providas pelos próprios agentes de software mas também por subsistemas centralizados que podem ser facilmente acessados por qualquer agente e podem fornecer reputações seguras baseadas em testemunhos sobre comportamentos indesejados dos agentes, caracterizados pelas violações de normas do sistema. Tais subsistemas centralizados são instâncias do *framework* proposto, que flexibiliza as fórmulas de cálculo da reputação, o tempo de atualização da mesma e permite criar novos tipos de reputações relacionados a contextos diferentes.

Palavras-chave

Sistemas multi-agentes, Reputação, Confiança, Normas, Testemunhos, Organizações, Frameworks

Abstract

Guedes, José de Souza Pinto Guedes; Lucena, Carlos José Pereira de (Orientador); Silva, Viviane Torres da (Co-orientadora). **A Framework for evaluation of Software Agents Reputations based on Testimonies**. Rio de Janeiro, 2007. 117p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Reputation mechanisms are being used to increase the reliability and performance of virtual societies. Different decentralized reputation models have been proposed based on interactions among agents. Each system agent evaluates and stores the reputations of the agents with whom they have interacted and can also testify to other agents about such reputations. The main disadvantages of such approaches when applied to open large-scale multi-agent systems are the difficulty of establishing strong links between the agents, the sometimes infeasible witness search process, the fact of the reputation is being influenced by the point of view of another agent and the fact that the agents cannot be willing to testify and collaborate with possible competitive agents. In this work we propose a hybrid reputation system with centralized and decentralized characteristics to overcome such problems. The reputations are provided by the system agents themselves but also by centralized subsystems that can be easily reached by any agent and can supply reliable reputations of any agent based on testimonies about undesired agent's behavior, characterized by the violation of system norms. Such centralized subsystems are instances of the proposed framework.

Keywords

Multi-agent system, Reputation, Trust, Norms, Testimonies, Organizations, Frameworks.

Sumário

1	Introdução	12
1.1.	Definição do problema	13
1.2.	Proposta	14
1.3.	Principais Contribuições	16
1.4.	Organização da dissertação	16
2	Trabalhos Relacionados	18
2.1.	Modelos de Reputação Centralizados	18
2.2.	Modelos de Reputação Descentralizados	20
2.2.1.	Modelo Descentralizado Simples	20
2.2.2.	Modelo Descentralizado Baseado em Testemunhas	23
2.2.3.	Modelo Descentralizado Baseado em Reputação Certificada	28
2.3.	Considerações	30
3	Um Modelo de Reputação Híbrido para Sistemas Multi-Agentes Abertos	33
3.1.	Avaliando os Testemunhos	35
3.2.	Avaliando a Reputação do Agente como Réu: Defendants' Reputation	36
3.3.	Avaliando a Reputação do Agente como Testemunha: Witnesses' Reputation	38
3.4.	Tipos de Reputação	38
3.5.	Reunindo as Reputações dos Agentes	40
3.6.	Comparação com o Direito Penal Brasileiro	42
4	REPORT – <i>Framework</i> para Cálculo de Reputações de Agentes de Software Baseado em Testemunhos	45
4.1.	Framework ASF	47
4.2.	Framework REPORT	48
4.2.1.	Requisitos do <i>Framework</i>	49
4.2.2.	Pontos Flexíveis	50
4.2.2.1.	Criando a Fórmula de Cálculo da Reputação	51
4.2.2.2.	Definindo o Tempo de Atualização da Reputação	63
4.2.2.3.	Criando Novos Tipos de Reputação	65

4.2.3. Diagrama de Casos de Uso	67
4.2.3.1. Informar Reputação	68
4.2.3.2. Receber Veredicto	69
4.2.3.3. Classificar Testemunho	70
4.2.3.4. Alterar Reputação	70
4.2.3.5. Atualizar Reputações	71
4.2.4. Diagrama de Classes	73
4.2.5. Diagramas de Seqüência	74
4.2.5.1. Informar Reputação	74
4.2.5.2. Classificar e Receber Veredicto	75
4.2.5.3. Atualizar Reputações	77
4.2.6. Instanciando o <i>Framework</i> REPORT	79
5 Estudos de Caso	83
5.1. Transporte e Consolidação de Cargas	83
6 Experimento	90
6.1. O Modelo de Referência	90
6.2. Metodologia	91
6.3. O Experimento	91
6.3.1. Definição dos Objetivos	92
6.3.2. Variáveis Independentes	93
6.3.3. Variáveis Dependentes	96
6.3.4. Sistema REGRET	97
6.3.5. Framework REPORT	98
6.3.6. A simulação	99
6.4. Análise dos Resultados	103
6.5. Variáveis não consideradas na simulação	108
6.5.1. Possibilidade de falso testemunho	108
6.5.2. Dificuldade em encontrar testemunhas	109
6.5.3. Agentes Novos	109
7 Conclusão e Trabalhos Futuros	111
Bibliografia	115

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo Descentralizado Simples	21
Figura 2. Modelo Descentralizado baseado em testemunhas	24
Figura 3. Selecionando testemunhas com REGRET [23]	26
Figura 4. Modelo descentralizado baseado em reputação certificada	29
Figura 5. Modelo Proposto – combina abordagens descentralizada e centralizada.	34
Figura 6. Hierarquia organizacional - Conjunto de organizações que compõem um sistema multi-agente	40
Figura 7. Comparativo entre os critérios utilizados no Direito Penal e as variáveis do modelo de reputação proposto	44
Figura 8. Ações dos agentes do subsistema de reputação, instância do <i>framework</i> REPORT.	46
Figura 9. O <i>Framework</i> ASF [26]	48
Figura 10. Influências Parciais do agente <i>A</i> segundo as violações da norma n_1	57
Figura 11. Os diferentes tipos de reputação do agente <i>A</i> ao longo dos dias	59
Figura 12. Classes envolvidas no cálculo da reputação	61
Figura 13. Fórmula linear para o cálculo da reputação.	61
Figura 14. Fórmula exponencial para o cálculo da reputação.	62
Figura 15. Comparação dos valores de reputação: fórmula linear X exponencial	63
Figura 16. Classes envolvidas na definição do tempo de atualização da reputação.	63
Figura 17. Código do plano <i>updatingReputation</i> do agente <i>AuxiliarAgent</i> .	64
Figura 18. Código do método <i>getTimeOfUpdating</i> da classe concreta <i>updatingReputationMinutes</i>	65
Figura 19. Implementação de novo tipo de reputação.	66
Figura 20. Diagrama de Casos de Uso do <i>Framework</i> REPORT	67
Figura 21. Diagrama de Classes do <i>Framework</i> REPORT	73
Figura 22. Diagrama de Seqüência – Informar Reputação Local	74
Figura 23. Diagrama de Seqüência – Informar Reputação Global	75
Figura 24. Diagrama de Seqüência – Classificar Testemunho	76

Figura 25. Diagrama de Seqüência – Alterar Reputação	77
Figura 26. Diagrama de Seqüência – Atualizar reputações	78
Figura 27. Especificação de uma norma dentro de uma organização	80
Figura 28. Exemplo de código para requisição da reputação local de um agente.	81
Figura 29. Especialização da norma 4 ao definir a norma 5	85
Figura 30. Participantes do Experimento	94
Figura 31. Estrutura Ontológica para o agente consolidador	98
Figura 32. Algoritmo dos agentes que utilizam o REGRET para selecionar o parceiro	101
Figura 33. Algoritmo dos agentes que utilizam o REPORT para selecionar o parceiro	102
Figura 34. Percentual referente ao número de vezes na qual o agente selecionou o melhor parceiro ao interagir com desconhecidos ou com quem interagiu há algum tempo.	104
Figura 35. Aproveitamento dos contratantes ao selecionar consolidadores com quem interagiram recentemente	105
Figura 36. Aproveitamento dos contratantes ao selecionar consolidadores com quem interagiram recentemente em simulações considerando apenas o mecanismo <i>direct trust</i>	106
Figura 37. Aproveitamento geral por perfil do agente contratante, segundo as simulações	107

Lista de Tabelas

Tabela 1. Normas reguladoras da interação entre agentes importadores e exportadores	52
Tabela 2. Cálculo das influências parciais e <i>defendant's reputation</i> do agente <i>A</i> segundo as duas violações da norma n_1	56
Tabela 3. Cálculo da influência parcial e <i>Defendant's Reputation</i> do agente <i>A</i> segundo a violação da norma n_2	58
Tabela 4. Valores dos diferentes tipos de reputação do agente <i>A</i>	59
Tabela 5. Variáveis utilizadas no cálculo da reputação	81
Tabela 6. Performativas para requisitar reputações	82
Tabela 7. Normas definidas nos contratos	84
Tabela 8. Violações de Normas dos ag. consolidadores e exportadores	86
Tabela 9. Variáveis independentes	93
Tabela 10. Variáveis Dependentes	96

Tabela 11. Normas da organização Org 1 - Consolidador de Cargas	99
Tabela 12. Números da Simulação	103