

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**GERENCIAMENTO DISTRIBUÍDO
DE AGENDAS DE RECURSOS EM
PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO
DE SOFTWARE BASEADO EM
SISTEMAS MULTIAGENTES**

REJANE NUNES SCHLÖSSER

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Melo Bastos

PORTO ALEGRE
2010

GERENCIAMENTO DISTRIBUÍDO DE AGENDAS DE RECURSOS EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE BASEADO EM SISTEMAS MULTIAGENTES

RESUMO

Durante o desenvolvimento de projetos de software, diferentes incertezas podem acontecer causando eventos que podem impactar na atual alocação de recursos. Uma vez que projetos de desenvolvimento de software geralmente são desenvolvidos em um ambiente com multiprojetos, a ocorrência de um evento pode impactar diversos projetos simultaneamente. Diante desse cenário, a alocação de recursos deve ser revista para dar prosseguimento na execução dos projetos. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo apoiar o processo de alocação de recursos, quando da ocorrência de alterações sobre a mesma, mediante o gerenciamento de agendas dos recursos que desenvolvem os projetos de software. Com base nesse objetivo, é proposta uma arquitetura baseada no paradigma multiagente, onde os agentes representam os recursos que desenvolvem os projetos de software e tem por objetivo gerenciar suas agendas para encaminhar propostas de alocação de modo a viabilizar a continuidade aos projetos. As principais contribuições deste trabalho compreendem: (i) a definição de um processo que permite a geração de propostas de alocação de recursos de forma descentralizada e distribuída; (ii) a definição de estratégias baseadas em cooperação entre os agentes componentes da arquitetura para a viabilização da execução dos projetos mediante reprogramação das agendas dos recursos, e (iii) o desenvolvimento de cenários que permitem demonstrar a viabilidade do processo idealizado.

Palavras-chave: Alocação de Recursos. Sistemas Multiagentes. Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contexto de Pesquisa	14
1.2	Questão de Pesquisa	15
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Geral	15
1.3.2	Específicos	15
1.4	Organização da Dissertação	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Projetos de Software e sua gerência	17
2.2	Multiprojetos de Softwarecapa	19
2.2.1	Tipologia de ambientes com multiprojetos	20
2.3	Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software	23
2.4	Sistemas multiagentes	24
2.4.1	Considerações sobre agentes	25
2.4.1.1	Arquiteturas de agente	27
2.4.2	Considerações sobre SMAs	28
2.4.2.1	Coordenação	29
2.4.2.2	Comunicação	30
2.4.2.3	Cooperação e Competição	31
2.4.2.3.1	Redes de contrato	31
2.4.2.3.2	Coalizões em Sistemas Multiagentes	32
2.5	Metodologia e Plataforma utilizadas nesta proposta	33
2.5.1	MASUP – Multi-Agent Systems Unified Process [BAS05b]	33
2.5.2	SemantiCore	35
2.6	Considerações sobre o capítulo	36
3	TRABALHOS RELACIONADOS	37
3.1	Abordagem de Fonseca e outros [FON99a], [FON99b]	37
3.2	Abordagem de Bastos e outros [BAS05a]	38
3.3	Abordagem de Silva e Demazeau [SIL02]	40
3.4	Abordagem de Xie e outros [XIE09]	41
3.5	Modelo de Referência para Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10]	43
3.6	Análise dos trabalhos relacionados	48
4	ANÁLISE DO PROBLEMA	51
4.1	Descrição dos cenários	54
4.1.1	Cenário 1 – Possibilidades de agendamento de tarefas	57
4.1.2	Cenário 2 – Agendamento de tarefas críticas e com dependência	64
4.1.3	Cenário 3 – Agendamento de tarefas do caminho com folga	66
4.1.4	Cenário 4 – Agendamento de tarefas com restrições no caminho com folga	70
4.1.5	Cenário 5– Agendamento de tarefas que necessitam mais de um recurso para execução	70
4.1.6	Cenário 6– Impossibilidade de agendamento	72
4.2	Análise e considerações sobre os cenários	73
5	SOLUÇÃO PROPOSTA	75
5.1	Arquitetura do <i>Solver</i> Proposto	75
5.2	Processo para Geração de Propostas	78

5.2.1	Análise da CFP	79
5.2.2	Geração de Propostas	80
5.2.2.1	Agendamento direto ou dentro de intervalos disponíveis.....	83
5.2.2.2	Agendamento através de Remanejamento ou CFP Interna.....	84
5.2.3	Análise de Propostas.....	90
5.3	Implementação da proposta na plataforma SemantiCore	91
5.3.1	Os Agentes da Arquitetura	91
5.3.2	Interação entre os agentes	92
5.3.3	A integração com o modelo de reconfiguração	93
5.4	Considerações sobre o capítulo.....	93
6	AVALIAÇÃO DA PROPOSTA.....	95
6.1	Considerações sobre a abordagem utilizada para avaliação.....	95
6.2	Critérios utilizados para comparar o <i>solver</i> proposto e o <i>solver</i> padrão.....	95
6.3	Avaliação baseada em cenários	96
6.3.1	Avaliação 1: Cenário sobre possibilidades de agendamento	96
6.3.2	Avaliação 2: Cenário sobre Tratamento de tarefas com folga	103
6.3.3	Avaliação 3: Cenário sobre Agendamento de tarefas que necessitam coalizão	109
6.4	Considerações sobre o capítulo.....	113
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
7.1	Contribuições	116
7.2	Trabalhos Futuros	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
	APÊNDICE A – MODELAGEM DA PROPOSTA.....	125

1 INTRODUÇÃO

Projetos de desenvolvimento de software possuem peculiaridades devido à própria complexidade inerente ao software. Dentre essas peculiaridades destacam-se: a volatilidade dos requisitos [BEZ07], fato que incide nas constantes alterações nas especificações do produto; a necessidade de pessoas especializadas para o desenvolvimento das tarefas [PLE98, SCH02, DON08, CAL09]; e a intangibilidade, o que torna difícil medir o progresso de projetos de software [JUR99]. Complementar a isso, Orth e Prickladnicki [ORT09] salientam que a maioria dos projetos de software é única, logo a experiência adquirida no desenvolvimento de projetos anteriores pode não ser aplicada a novos. Segundo Prado [PRA04], projetos novos, em que a equipe não tenha desenvolvido determinado tipo de trabalho, possuem grau de incerteza alto. Embora projetos passem por uma fase de planejamento e nessa fase tenha-se conhecimento de objetivos a serem atingidos [PMI04], nem sempre é possível prever o que irá ocorrer durante a fase de desenvolvimento [SOD08]. Quando um projeto inicia sua execução, eventos não previstos podem ocorrer, provocando a necessidade de reexaminar e atualizar o planejado [DEB07, SOD08].

Outra característica a ser destacada no que tange a projetos de desenvolvimento de software (PDS) é que, normalmente, as organizações que os desenvolvem estão inseridas em um ambiente com multiprojetos [DON08, XIA09, XIE09, ARA09]. Diante disso, a ocorrência de um evento pode impactar em múltiplos projetos simultaneamente. Para que os projetos sejam desenvolvidos com sucesso, de acordo com Söderholm [SOD08], deve ser possível gerenciar eventos não previstos em paralelo com o plano inicial. Nesse sentido, Callegari [CAL10] propôs um Modelo de Referência para realizar replanejamentos durante a fase de execução de projetos que recebe o nome de “Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software”. Nesse modelo, Callegari [CAL10] sugere que a partir da ocorrência de um evento que possa alterar o fluxo de execução atual do projeto, uma reconfiguração seja realizada sobre o mesmo. Em função disso, o modelo segue um ciclo para chamadas de propostas (*Call For Proposals* - CFPs), onde verificam-se as tarefas afetadas em função do evento (dentre os exemplos citam-se: a saída de um recurso ou o acréscimo de tempo de uma tarefa). Em seguida, as CFPs são repassadas aos componentes do modelo denominados *solvers*, cuja função consiste em receber a chamada de propostas, analisá-las e gerar propostas para a realocação de recursos que possibilitem prosseguir a execução do projeto.

A partir desse componente do modelo, emerge a proposta apresentada nesta dissertação, que tem por objetivo apresentar um *solver* para o Modelo de Reconfiguração Dinâmica em Projetos de Desenvolvimento de Software [CAL10] baseado em sistemas multiagentes (SMA). Entre as

vantagens que motivaram o uso de SMA no *solver* proposto estão: essa abordagem permite a possibilidade de decompor problemas para os quais existe a dificuldade de se obter uma visão global centralizada para o desenvolvimento de uma solução [FER99], e o grupo de pesquisa ISEG (*Intelligent Systems Engineering Group*) – no qual a mestranda interage diretamente – que possui como interesse estudos na área de SMAs. O grupo é responsável pelo desenvolvimento da plataforma **SemantiCore** [BLO04], que permite implementar aplicações baseadas em SMA e pela metodologia para o desenvolvimento de sistemas multiagentes **MASUP** (*Multi-Agent System Unified Process*) [BAS05b]. Tal fator contribuiu para troca de experiência com os pesquisadores do grupo e suporte sobre as ferramentas utilizadas na proposta.

Dessa forma, esta pesquisa apresenta uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes, onde os agentes componentes da solução utilizam o Protocolo de Rede de Contratos [SMI80] para coordenar o processo de geração de propostas definido. Os principais papéis especificados para os agentes da solução são: o Agente Gerenciador de Propostas (AGP) e os Agentes Recurso (AR). O AGP tem por objetivo receber a CFP, a decompor, e encaminhar os convites aos Agentes Recurso. Os Agentes Recurso tem por objetivo gerenciar suas agendas e responder aos convites para agendar as tarefas pertencentes aos projetos.

Para demonstrar e avaliar as proposições idealizadas no processo de geração de propostas foram desenvolvidos cenários de comparação entre o *solver* proposto e o *solver* padrão presente no Modelo de Referência para Reconfiguração Dinâmica de Projetos proposto por [CAL10].

1.1 Contexto de Pesquisa

Esta dissertação de mestrado está inserida dentro do escopo do projeto de pesquisa intitulado “Reconfiguração Dinâmica em Projetos de Desenvolvimento de Software”. A dissertação de mestrado, aqui apresentada, está associada à tese de doutorado de Callegari [CAL10].

Em sua tese, Callegari apresenta um Modelo de Referência para tratar de eventos que podem alterar o planejamento de projetos de desenvolvimento de software em tempo de execução, em um contexto multiprojetos onde recursos podem estar compartilhados. O Modelo de Referência apóia-se em quatro subáreas para dar suporte à reconfiguração de projetos, sendo elas: (i) Seleção de recursos para participação de projetos de software a partir de um *pool* compartilhado; (ii) Alocação de recursos às tarefas componentes de projetos de desenvolvimento de software; (iii) Planejamento e replanejamento de tarefas e recursos associados e (iv) Integração dos projetos com fluxos organizacionais da empresa.

A pesquisa aqui apresentada contribui especificamente à segunda área do Modelo de Referência proposto na tese, (ii) *alocação de recursos às tarefas componentes dos projetos de desenvolvimento de software*, através de uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes (SMA) para dar suporte ao gerenciamento de agendas dos recursos que desenvolvem os projetos de software.

1.2 Questão de Pesquisa

Com base no contexto em que esta pesquisa se insere, apresenta-se a questão que a conduz: *“Como realizar a programação das agendas individuais de recursos sincronizadas em tempo real, para atender diferentes requisições de tarefas componentes de um projeto, considerando a participação em mais de um projeto de software simultaneamente, havendo ainda a necessidade de formação de coalizões¹ para a realização de determinadas tarefas?”*.

1.3 Objetivos

Após elaborar a questão de pesquisa planejaram-se os objetivos geral e específicos a serem atingidos com o desenvolvimento deste trabalho, os quais são expostos a seguir.

1.3.1 Geral

O objetivo geral desta pesquisa compreende o desenvolvimento de uma arquitetura baseada em SMA para apoiar o processo de alocação de recursos na reconfiguração dinâmica de projetos de software.

1.3.2 Específicos

A partir do objetivo geral, listam-se os objetivos específicos desta pesquisa:

- Aprofundar a revisão teórica sobre sistemas multiagentes.
- Identificar os elementos do problema objeto de estudo desta pesquisa.

¹ Segundo Weiss [WEI99], coalizão compreende um grupo de agentes que trabalham em conjunto para resolver um determinado problema.

- Analisar o estado da arte sobre os trabalhos correlatos a pesquisa abordada.
- Aprofundar o estudo sobre o *framework* SemantiCore [BLO04].
- Propor uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes para apoiar o processo de alocação de recursos na Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10].
- Implementar a arquitetura proposta na plataforma de desenvolvimento SemantiCore [BLO04] e executar cenários exemplos de aplicação.
- Avaliar os resultados obtidos.

1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em oito capítulos, sendo o Capítulo 1 formado pela presente introdução e o restante como segue.

No Capítulo 2 apresenta-se a fundamentação teórica, onde são expostos os conceitos necessários para compreensão da proposta apresentada nesta pesquisa. No Capítulo 3 são apresentados os principais trabalhos relacionados a esta pesquisa. Considerando a associação desta pesquisa à tese de doutorado de Callegari [CAL10], durante o Capítulo 3 é apresentado o funcionamento do Modelo de Referência para Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10].

O Capítulo 4 expõe a análise do problema objeto de estudo desta pesquisa. Para tanto, foram detalhados cenários que permitiram identificar elementos e requisitos necessários para modelar a solução proposta.

O Capítulo 5 apresenta a arquitetura baseada em sistemas multiagentes proposta nesta pesquisa. Durante a apresentação da arquitetura destacam-se os aspectos referentes aos sistemas multiagentes modelados na proposta. O Capítulo 6 demonstra a avaliação da proposta baseando-se em cenários, onde são comparados o *solver* proposto e o *solver* padrão presente no Modelo de Referência para Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10].

Já no Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais e apontados os trabalhos futuros desta pesquisa. Por último, no Capítulo 8, apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento desta dissertação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes para realizar o processo de geração de propostas de alocação de recursos. Considerando a associação deste trabalho com o Modelo de Referência para Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software proposto em [CAL10], o qual sugere a instanciação de *solvers* que gerem propostas para a realocação de recursos e, assim possibilitar o andamento da execução do projeto, definiram-se os objetivos da pesquisa apresentada. Para alcançá-los, este trabalho foi desenvolvido através de quatro fases, as quais são:

- A análise do problema, que permitiu identificar os requisitos e posterior modelagem do *solver* proposto.
- A especificação de uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes e a apresentação de um processo para geração de propostas.
- A implementação da arquitetura sob a plataforma SemantiCore [BLO04].
- A avaliação e comparação da solução proposta com o *solver* padrão presente no Modelo de Referência para Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10].

Para introduzir os aspectos conceituais referentes à Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10], primeiramente discorreu-se sobre as características relacionadas a projetos de software e ambientes com multiprojetos. Em seguida, apresentaram-se os conceitos relacionados à abordagem de Sistemas Multiagentes utilizada nesta pesquisa. As motivações que visaram justificar o uso dessa abordagem no trabalho aqui apresentado estão relacionadas à possibilidade de distribuir e descentralizar o problema através dos agentes componentes da solução, além de ser tópico de interesse de pesquisa do grupo ISEG (*Intelligent Systems Engineering Group*) responsável pelo desenvolvimento da metodologia MASUP (*Multi-Agent System Unified Process*) [BAS05b] e plataforma SemantiCore [BLO04], ambos utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Com base nos aspectos conceituais que envolvem a abordagem de Sistemas Multiagentes, definiu-se a arquitetura proposta. O processo de geração de propostas baseia-se no Protocolo de Rede de Contratos [SMI80] para coordenar as ações dos agentes presentes na arquitetura. Diante disso, duas classes principais de agentes foram definidas: “Agente Gerenciador de Propostas” e “Agentes Recurso”. O “Agente Gerenciador de Propostas” tem por objetivo coordenar o processo de geração de propostas, analisando a viabilidade das propostas encaminhadas pelos “Agentes Recurso”. Nessa análise o “Agente Gerenciador de Propostas” verifica o ordenamento temporal e o

sincronismo entre as propostas geradas pelos “Agentes Recurso”. Os “Agentes Recurso”, por sua vez, tem por objetivo gerenciar suas agendas e verificar a possibilidade de encaminhar propostas de alocação. Para isso, os “Agentes Recurso” interagem com outros agentes do sistema, cooperando com o grupo a fim de viabilizar o envio de propostas de alocação. Os “Agentes Recurso” são responsáveis, também, pelo processo de formação de coalizão, o qual permite ao grupo de agentes encaminhar proposta de alocação para tarefas que necessitem de um conjunto de recursos em um intervalo comum.

Os resultados apresentados através dos cenários desenvolvidos visam destacar os aspectos presentes no paradigma multiagente. Para tanto, foi comparado o *solver* proposto nesta pesquisa ao *solver* padrão presente no Modelo de Referência em [CAL10]. O funcionamento do *solver* proposto demonstra-se adequado e evidencia os requisitos levantados. Todavia, ressalta-se que em alguns casos os agentes presentes na solução podem não apresentar propostas de agendamento em função de indisponibilidade de tempo; para esses casos transfere-se a decisão ao nível de projeto, o qual deverá proceder com ajustes na rede de tarefas ou contratação de recursos a fim de prosseguir a execução dos projetos. Diante disso, cumpre destacar que a pesquisa aqui desenvolvida, respondeu a questão de pesquisa definida para guiar o estudo.

7.1 Contribuições

A definição de um processo que permite a geração de propostas de alocação de recursos de forma descentralizada e distribuída mediante o gerenciamento das agendas dos recursos constitui-se da principal contribuição deste trabalho. De forma mais específica, as contribuições desta pesquisa são:

- Identificação de requisitos referentes ao processo de geração de propostas, considerando o sincronismo temporal para viabilizar a alocação de recursos.
- Especificação de uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes e a definição de um processo de geração de propostas que considera os aspectos referentes a essa abordagem.
- Implementação da arquitetura sob a plataforma SemantiCore [BLO04], fato que possibilita demonstrar os requisitos levantados para a proposta.
- Apresentação do desenvolvimento de cenários de aplicação da arquitetura proposta, o que permitiu avaliar os resultados do processo de geração de propostas junto ao protótipo do Modelo de Reconfiguração Dinâmica de Projetos de Software [CAL10].

7.2 Trabalhos Futuros

Reconhecendo que este trabalho trata-se de um resultado inicial, apontam-se idéias futuras que possibilitam dar continuidade a esta pesquisa:

- Na implementação atual do processo de remanejamento de tarefas foi colocada uma restrição para que os “Agentes Recurso” o realizem com base apenas nos intervalos disponíveis em suas agendas, e sem que haja alterações na agenda dos recursos que possuem as tarefas predecessoras ou sucessoras daquela a ser remanejada. Dessa forma, o Agente Recurso que deseja realizar o remanejamento, solicita aos “Agentes Recurso” alocados às tarefas predecessoras ou sucessoras daquela que deve ser remanejada, se isso é possível. No entanto, os “Agentes Recurso” alocados a essas tarefas predecessoras ou sucessoras não realizam o processo de remanejamento, apenas respondem ao agente solicitante se é viável realizá-lo. Como trabalho futuro, aponta-se a implementação de que estes agentes também realizem o remanejamento sempre que possível.
- Na configuração atual do processo de geração de propostas, os “Agentes Recurso” não levam em conta preferências individuais, tal como o proposto em [SIL02]. A implementação atual considera apenas os compromissos assumidos pelos recursos. A modelagem de preferências individuais nas agendas dos recursos permitirá a composição de novos custos. Essas preferências não foram incluídas nesta pesquisa, pois o objetivo era encontrar propostas de agendamento para as tarefas pertencentes aos projetos, porém considera-se um aspecto importante a ser desenvolvido.

A continuidade deste trabalho permitirá o aprimoramento da arquitetura proposta.