

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Regiane Lima de Sousa

**Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis
ao Contexto usando Sistemas Multi-Agentes**

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: Carlos José Pereira de Lucena

Rio de Janeiro, 20 de setembro de 2007



Regiane Lima de Sousa

Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis ao Contexto usando Sistemas Multi-Agentes

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. Marco Antonio Casanova

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Ricardo Choren

Departamento de Informática – IME

Prof. Firmo Freire

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 20 de setembro de 2007

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

Regiane Lima de Sousa

Graduou-se no Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Federal do Pará (UFPA) em 2003. Hoje atua como analista de sistemas prestando serviços para o TRT 1ª Região.

Ficha Catalográfica

Sousa, Regiane Lima

Desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto usando sistemas multi-agentes / Regiane Lima de Sousa ; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. – 2007.

64 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Inclui bibliografia.

1. Informática – Teses. 2. Aplicações sensíveis ao contexto. 3. Engenharia de software para sistemas multi-agentes. 4. Reengenharia. 5. Frameworks. 6. Avaliação. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

À minha família

Agradecimentos

A Deus, por ter me guiado continuamente nesta jornada. À minha família, principalmente ao meu marido Roberto, por todo apoio, motivação e compreensão.

Ao professor Lucena, por ter me honrado com sua experiência profissional, particularmente, nos trâmites acadêmicos. Ao professor Casanova, por todas as palavras de incentivo, apoio e confiança. Ao Uirá pelas palavras motivadoras, ensinamentos e direcionamentos ao longo do mestrado.

Aos meus amigos Kleder, Melina, Léo, Cidiane, Karla e Klessis, por terem aceitado o desafio de ingressar na carreira acadêmica no Rio de Janeiro. À Cidiane, particularmente, por ter estado ao meu lado em momentos difíceis desde minha chegada ao Rio. Aos amigos do LAC, em especial ao José Viterbo, que compartilhou comigo o interesse no tema escolhido para esta Dissertação.

Aos meus colegas de Mestrado José Guedes, Caculé, Marcelo Malcher, Vinci, Aldo, Glória, Maíra Gatti, Ana Carolina e Felipi, que tornaram o dia a dia na PUC mais agradável.

Resumo

Sousa, Regiane. **Desenvolvimento de Aplicações Sensíveis ao Contexto usando Sistemas Multi-Agentes**. Rio de Janeiro, 2007. 64p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto (ASCs) constitui-se como uma tarefa não-trivial em consequência das características relacionadas à sensibilidade ao contexto, como abertura, comunicação assíncrona e falta de mecanismos modulares na propagação de informações de contexto. Por outro lado, um paradigma de desenvolvimento de software é considerado uma ferramenta básica para a construção de sistemas de software. Particularmente, a Engenharia de Software para Sistemas Multi-Agentes (ESSMA) tem se apresentado como paradigma promissor para o desenvolvimento de aplicações distribuídas, abertas e extensíveis. Agentes de software são elementos cuja execução leva ao alcance dos objetivos de um sistema através de suas propriedades de interação, adaptação e autonomia. Partindo destas características, é possível propor soluções para o desenvolvimento de ASCs que facilitem a satisfação dos requisitos mencionados acima. Este trabalho tem dois objetivos principais: (1) apresentar estudos de caso envolvendo o uso de ESSMA no desenvolvimento de ASCs e (2) propor um *framework* como ferramenta de reuso de sensibilidade ao contexto nas aplicações. A avaliação dos estudos e da proposta do *framework* é utilizada para a demonstração da usabilidade de ESSMA em ASCs. A avaliação dos estudos é efetuada através da generalização de resultados, além da aplicação de métricas com foco em atributos, como a modularidade.

Palavras-chave

Aplicações Sensíveis ao Contexto, Engenharia de Software para Sistemas Multi-Agentes, Reengenharia, *Frameworks*, Avaliação.

Abstract

Sousa, Regiane. **Context-Aware Application Development using Multi-Agent Systems**. Rio de Janeiro, 2007. 64p. Master Thesis - Computer Science Department, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

The development of context-aware applications (CAAs) is not a trivial task due to their intrinsic features, such as openness, asynchrony communication, and the lack of modular abstractions and mechanisms for the propagation of context information. On the other hand, a software development paradigm is actually considered a basic tool for the construction of any software system. In particular, the Software Engineering for Multi-Agent Systems (SEMAS) is often introduced as a promising paradigm for the development of distributed, open, and extensible applications. Software agents are elements whose execution leads to the reach of the system's goals, through their interaction, adaptation, and autonomy properties. From the agent properties, it becomes possible to provide solutions for the development of CAAs in order to facilitate the satisfaction of the common requirements mentioned above. This work has two main purposes: (1) the development of case studies involving the use of SEMAS for three CAA-specific applications; (2) propose a framework to support the reuse of context-awareness features in the CAAs. The evaluation of the case studies and of the framework is used for the demonstration of SEMAS usability in the CAA-specific domain. Some evidences about the generality of the results are also provided, beyond the quantitative measurements based on common quality attributes, such as the modularity.

Keywords

Context-aware Applications, Software Engineering for Multi-Agent Systems, Reengineering, Frameworks, Evaluation.

Sumário

1	Introdução	13
1.1.	Problema	13
1.2.	Limitações das Soluções Existentes	15
1.3.	Solução Proposta	18
1.4.	Objetivos	19
1.5.	Organização do Texto	20
2	Aplicações Sensíveis ao Contexto	21
2.1.	Definições Básicas de ASCs	21
2.1.1.	Contexto e ASCs	22
2.1.2.	Serviços e APIs de MoCA	23
2.2.	ASCs Baseadas em MoCA	25
2.2.1.	Virtual Lines	25
2.2.2.	Wireless Marketing Service	30
2.3.	Análise do Uso Direto das APIs de Middlewares em ASCs	33
3	Engenharia de Software para Sistemas Multi-Agentes	35
3.1.	Definições Básicas de ESSMA	35
3.1.1.	Elementos do Conhecimento de Agentes	36
3.1.2.	Tipos de Agentes	36
3.1.3.	Propriedades de Agência	37
3.1.4.	Serviços e API de JADE	38
3.2.	Reengenharia de ASCs usando JADE	40
3.2.1.	Virtual Lines	40
3.2.2.	Wireless Marketing Service	43
3.3.	Análise do Uso de ESSMA na Reengenharia de ASCs	44
4	Reuso em ASCs usando ESSMA: o Framework CAAF	46
4.1.	Estrutura de CAAF	46
4.2.	Exemplo de Instanciação de CAAF	49

4.3. Análise Geral do Reuso em ASCs usando ESSMA	51
5 Avaliação Quantitativa dos Estudos de Caso	53
5.1. Procedimentos e Métricas	53
5.2. Resultados Encontrados	54
6 Conclusão	57
6.1. Trabalhos Relacionados	57
6.2. Contribuições do Trabalho	59
6.3. Trabalhos Futuros	60
Referências Bibliográficas	61

Lista de Figuras

Figura 1. Dependências entre as APIs de MoCA	15
Figura 2. Arquitetura de CoBrA	16
Figura 3. Arquitetura ACAI	16
Figura 4. Arquitetura MoCA (Sacramento et al, 2004)	24
Figura 5. Classes de Negócio da Aplicação <i>Virtual Lines</i>	26
Figura 6. Módulo Cliente da Aplicação <i>Virtual Lines</i>	27
Figura 7. Módulo Servidor da Aplicação <i>Virtual Lines</i>	28
Figura 8. Cenário de Criação de Usuário em VL	29
Figura 9. Cenário de Solicitação de uma Reserva em VL	29
Figura 10. Manipulação de Contexto de Localização em <i>Virtual Lines</i>	30
Figura 11. Arquitetura da Aplicação <i>Wireless Marketing Service</i> (LAC)	31
Figura 12. Módulo Servidor da Aplicação <i>Wireless Marketing Service</i>	32
Figura 13. Módulo Cliente da Aplicação <i>Wireless Marketing Service</i>	32
Figura 14. Cenário de Notificação de Localização de Usuário em WMS	33
Figura 15. Reengenharia do Módulo Cliente de VL usando ESSMA	41
Figura 16. Reengenharia do Módulo Servidor de VL usando ESSMA	42
Figura 17. Cenário de Criação do Usuário em VL	42
Figura 18. Cenário de Solicitação de uma Reserva em VL	43
Figura 19. Reengenharia do Módulo Servidor de WMS usando ESSMA	43
Figura 20. Reengenharia do Módulo Cliente de WMS usando ESSMA	44
Figura 21. Classes do Framework CAAF para o Servidor da Instância	47
Figura 22. Classes do Framework CAAF para o Cliente da Instância	48
Figura 23. Diagrama de Classes da Aplicação Servidora de <i>HealthCare</i>	49
Figura 24. Diagrama de Classes da Aplicação Cliente de <i>HealthCare</i>	50
Figura 25. Cenário de Envio de Pacientes com Prioridade em HC	51

Lista de Tabelas

Tabela 1. Métricas para Avaliação dos Estudos e do Framework	54
Tabela 2. Valores de Acoplamento, Coesão e Tamanho em VL	55
Tabela 3. Valores de Acoplamento, Coesão e Tamanho em WMS	55

Lista de Siglas e Abreviaturas

ACAI	Agent-Based Context-Aware Infrastructure
API	Application Programming Interface
ASC	Aplicação Sensível ao Contexto
CoBrA	Context Broker Architecture
CAAF	Context-Aware Application Framework
ESSMA	Engenharia de Software para Sistemas Multi-Agentes
HC	Health Care
MoCA	Mobile Collaboration Architecture
OO	Orientação a Objetos
SMA	Sistemas Multi-Agentes
VL	Virtual Lines
WMS	Wireless Marketing Service