

Felipe Fortes Nascimento

**Um framework de sistemas
multi-agentes para aplicações
RFID**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

Programa de Pós-graduação em
Informática

Rio de Janeiro
Agosto de 2005



Felipe Fortes Nascimento

Um framework de sistemas multi-agentes para aplicações

RFID

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
Viviane Torres da Silva

Rio de Janeiro, agosto de 2005



Felipe Fortes Nascimento

**Um framework de sistemas multi-agentes para aplicações
RFID**

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
PUC-Rio

DSc. Viviane Torres da Silva
Co-orientadora
PUC-Rio

Prof. Arndt von Staa
PUC-Rio

Prof. Simone Diniz Junqueira Barbosa
PUC-Rio

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

Rio de Janeiro, 08 de agosto de 2005

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

Felipe Fortes Nascimento

Ficha Catalográfica

Nascimento, Felipe Fortes

Um framework de sistemas multi-agentes para aplicações RFID / Felipe Fortes Nascimento ; orientadores: Carlos José Pereira de Lucena, Viviane Torres da Silva. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2005.

118 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui bibliografia.

CDD: 004

Dedico esta dissertação ao meu avô João e minha avó Maria Augusta, que estariam muito orgulhosos de mim por mais esta conquista. Eles me servem sempre como exemplos de honestidade, bom humor, valores e fidelidade. Um beijo para vocês.

Agradecimentos

Aos professores Lucena e Arndt pela orientação e ensinamentos ao longo de todo o mestrado; pela grande oportunidade que me foi concedida de participar deste curso e de um excelente grupo de pesquisadores.

À Viviane pela co-orientação e ajuda no decorrer de toda a formulação desta dissertação.

Ao meu cunhado e amigo Daniel Engels pela ajuda na orientação inicial quanto ao tema e foco do trabalho.

Aos alunos e companheiros Rodrigo Paes, Rodrigo gaúcho, Guga, Daflon, Uirá, Cláudio, Alessandro, Matheus, João, Viviane e Ricardo, pelos momentos de descontração e principalmente discussões engrandecentes no âmbito intelectual.

Aos demais alunos do LES, pelos divertidos momentos, aprendizado e troca de experiências.

À minha esposa Gabriela, por aturar dias de mau humor por causa de provas e trabalhos atrasados, e total apoio ao meu estudo e desenvolvimento acadêmico.

Aos meus amigos Haroldo Gamal e Márcio Oliveira pelo exemplo profissional anterior ao mestrado que ajudou e motivou o ingresso no mesmo.

Ao meu pai e minha mãe pelos exemplos de profissionalismo, caráter e paixão pela atividade profissional e acadêmica.

A CAPES e PUC pela oportunidade e apoio financeiro.

Resumo

Nascimento, Felipe. **Um *framework* de sistemas multi-agentes para aplicações RFID**. Rio de Janeiro, 2005. 93 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta dissertação propõe um *framework* de sistemas multi-agentes para aplicações do domínio de *Radio Frequency Identification* (RFID). Esta tecnologia de identificação automática de objetos vem se desenvolvendo rapidamente e promete substituir brevemente a tecnologia atual de identificação de produtos: código de barras. Além de promover o desenvolvimento de hardware para etiquetas e leitoras RFID, novos padrões de identificação estão sendo propostos, desafiando os desenvolvedores de software a produzirem novas soluções para lidar com o novo e maior volume de dados e com a natureza distribuída das leitoras e leituras de objetos. Esta dissertação propõe um *framework* projetado utilizando-se a abordagem de sistemas multi-agentes (SMA) capaz de instanciar SMA distribuídos que:

- Interação com a infra-estrutura RFID existente (leitoras, etiquetas e *middlewares*);
- Facilitam a geração de informações com semântica de negócios a partir de dados crus gerados por esta infra-estrutura, e;
- Facilitam a implementação de novas funcionalidades decorrentes do leque de aplicações vislumbradas pelo surgimento de RFID.

Palavras-chave

Sistemas multi-agentes, RFID, EPC, Identificação por rádio frequência, frameworks.

Abstract

Nascimento, Felipe. **A multi-agent systems framework for RFID applications.** Rio de Janeiro, 2005. 93 p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Radio Frequency Identification (RFID) technology along with the Electronic Product Code (EPC) created a new complex environment for warehouses systems and supply chain systems in general. The EPC specification created one more level of identification: the product instance. This new level of identification had blown the volume of data being managed by applications. That fact, along with the deployment of distributed RFID readers, causes the necessity of new applications capable of interacting with this infrastructure and capable of processing, filtering and interpreting these new data. This work proposes a framework for distributed multi-agent systems capable of interacting with a deployed RFID infrastructure.

Keywords

Multi-agents Systems, RFID, EPC, Radio Frequency Identification, frameworks.

Sumário

1 Introdução	14
1.1. Descrição do Problema	15
1.2. Solução Proposta	16
1.3. Contribuições	18
1.4. Organização da Dissertação	18
2 Fundamentos	20
2.1. Frameworks	20
2.1.1. Introdução	20
2.1.2. <i>Frameworks</i> , o que são.	21
2.2. Sistemas Multi-Agentes	23
2.3. Radio Frequency Identification (RFID)	24
2.3.1. Electronic Product Code (EPC)	27
2.3.2. EPC Network	28
2.3.3. EPC Middleware	29
2.3.4. Application Level Events (ALE)	29
2.3.5. EPC Information Service (EPC-IS)	31
2.4. Uma Visão de Cadeia de Suprimentos e Centros de Distribuição	31
3 Análise do Problema	35
3.1. A raiz do problema	35
3.2. RIFD, a promessa de solução.	37
3.3. O problema decorrente do uso da tecnologia RFID	38
4 A Solução Proposta (Shine)	39
4.1. Requisitos de Alto Nível	39
4.2. Arquitetura do Domínio	41
4.3. Metodologia Proposta	42
4.4. Requisitos do <i>Framework</i> Shine	43
4.4.1. Casos de Uso do módulo ShineFSMAD	45
4.4.2. Casos de Uso do Módulo ShineALE	49
4.5. Arquitetura do <i>Framework</i> Shine	52

4.5.1. ALE Implementation	53
4.5.2. Módulo ShineALE	54
4.5.3. Módulo ShineFSMAD	55
4.6. Projeto e Implementação do <i>Framework</i> Shine	57
4.6.1. Módulo ShineFSMAD (Shine - <i>Framework</i> de Sistemas Multi-Agentes Distribuídos)	59
4.6.2. Módulo ShineALE	71
5 Estudos de Caso	76
5.1. Inventário	76
5.1.1. O Problema	76
5.1.2. Inventários em tempo real com RFID	77
5.2. Reconciliação de EPC fantasma	78
5.2.1. O problema	78
5.3. Solução dos estudos de caso	80
5.3.1. Casos de Uso	80
5.3.2. Projeto e Implementação dos Estudos de Caso	84
6 Trabalhos Relacionados	97
6.1. Singularity	97
6.2. RadioActive Foundation	98
7 Contribuições da Dissertação	101
8 Conclusões e Trabalhos Futuros	103
Referências	106
ANEXO I: XML Schema da configuração de Node	109
ANEXO II: Node 1 config	112
ANEXO III: Node 2 config	115
ANEXO IV: ASN do estudo de caso	117
ANEXO V: XML Schema da ASN usada no estudo de caso	118

Lista de figuras

Figura 1: arquitetura do domínio de RFID	41
Figura 2: diagrama da metodologia proposta	42
Figura 3: módulos do <i>framework</i> Shine	45
Figura 4: casos de uso dos agentes do módulo ShineFSMAD	46
Figure 5: diagrama de casos de uso do módulo ShineALE	50
Figura 6: arquitetura do <i>framework</i> Shine	53
Figura 7: classe que implementa a interface ALE especificada pela EPCglobal Inc.	54
Figura 8: diagrama de classes do <i>framework</i> (principais classes)	58
Figura 9: diagrama de seqüências da inicialização do Shine	63
Figura 10: diagrama de classes das implementações padrão dos serviços	65
Figura 11: diagrama de seqüências da troca de mensagem entre agentes	66
Figura 12: diagrama de seqüências de execução de tarefas	67
Figura 13: diagrama de classes dos <i>hot spots</i> do padrão Observer	69
Figura 14: diagrama de classes que implementam os <i>hot spots</i> do módulo ShineFSMAD	72
Figura 15: diagrama de classes do <i>hot spot</i> ReportProcessorAgent	73
Figura 16: diagrama de casos de uso dos estudos de casos	81
Figura 17: diagrama de classes dos estudos de casos	85
Figura 18: diagrama de seqüências do inventário (parte 1)	90
Figura 19: diagrama de seqüências do inventário (parte 2)	91
Figura 20: diagrama de seqüências do estudo de caso de EPCs fantasmas (parte 1)	92
Figura 21: diagrama de seqüências do estudo de caso de EPCs fantasmas (parte 2)	94
Figura 22: diagrama de seqüências do estudo de caso de EPCs fantasmas (parte 3)	95
Figura 23: arquitetura do projeto Singularity	98
Figura 24: arquitetura dos projetos da RadioActive Foundation	100

Lista de tabelas

Tabela 1: arquivo XML de configuração de Node (Serviços)	70
Tabela 2: arquivo XML de configuração de Node (agentes e tarefas)	71
Tabela 3: ECspec de inventário para as leitoras existentes no cenário do estudo de caso.	86

Lista de siglas

ALE: Application Level Events

ASN: Advanced Shipping Notice

DoD: Department of Defense

ECspec: Event Cycle Specification

EPC: Electronic Product Code

EPC-IS: EPC Information Service

ERP: Enterprise Resource Planning

GUI: Graphical User Interface

ONS: Object Naming Service

PML: Product Markup Language

RFID: Radio Frequency Identification

SCM: Supply Chain Management

SMA: Sistemas Multi-agentes

UCC: Uniform Code Council

UPC: Universal Product Code

WMS: Warehouse Management System

XML: eXtensible Markup Language

Se enxerguei além dos outros, é por que estava sobre o ombro de gigantes

Isaac Newton.