

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Luis Gustavo Ferrão

**Uma Infra-Estrutura para Matchmaking Baseado em
Ontologias**

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: Prof. Carlos José Pereira de Lucena
Prof. Marco Antônio Casanova

Rio de Janeiro, Dezembro de 2004



Luis Gustavo Ferrão

Uma Infra-Estrutura para Matchmaking Baseado em Ontologias

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

Prof. Marco Antônio Casanova
PUC-Rio

Prof. Markus Endler
PUC-Rio

Prof. Júlio Cesar Sampaio do Prado Leite
PUC-Rio

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

Rio de Janeiro, 20 de Dezembro de 2004

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

Luis Gustavo Ferrão

Graduou-se em Ciência da Computação pela UFV - Universidade Federal de Viçosa - em março de 2003, tendo recebido a medalha Presidente Arthur Bernardes por méritos acadêmicos. Foi pesquisador CNPq durante o período de graduação e bolsista CAPES durante o Mestrado. Atualmente trabalha como Analista de Sistemas no Tecgraf/PUC-Rio.

Ficha Catalográfica

Ferrão, Luis Gustavo

Uma infra-estrutura para matchmaking baseado em ontologias / Luis Gustavo Ferrão ; orientadores: Carlos José Pereira de Lucena, Marco Antônio Casanova. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Informática, 2004.

135 f. : il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Matchmaking. 3. Ontologia. 4. Framework. 5. Web Services. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Casanova, Marco Antônio. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Aos meus pais, Luiz e Penha,
e aos meus saudosos avós Pedro, Almerinda, Olinto e Amélia

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tenho e por todas as oportunidades que Ele tem proporcionado em minha vida.

Agradeço à minha família pelo amor, pelo apoio e pelo carinho indispensáveis para meu sucesso nessa jornada.

Ao meu grande amigo, praticamente irmão, Marconi pelas lições valiosas que, com certeza, levarei por toda a minha vida.

Ao meu Orientador Casanova por toda ajuda durante a realização desse trabalho e por todo o aprendizado pessoal e profissional que tem me proporcionado.

Ao meu Orientador Lucena pela ajuda e pelos valiosos conselhos.

Ao pessoal da Milestone, de modo especial ao Daniel e ao Cristiano, por me aceitarem como membro da equipe e pelo grandioso aprendizado.

Ao professor Zé Luís Braga por acreditar no meu trabalho e por ter me insentivado tanto a ingressar no mestrado.

Aos meus grandes amigos Cássio, Fábio Stelzer, Wesley, Chuck, Moisés, Tereza e o pessoal da UFV.

Ao pessoal do LAC que me acompanhou durante grande parte da realização desse trabalho, obrigado por me aturarem no laboratório.

Ao Chico, Alexandre, Marcelo, Capitólio e Bárbara pela constante presença e pela forte amizade.

Aos meus amigos da PUC-Rio e aos meus novos amigos do Tecgraf pela forte amizade que soubemos construir.

À Capes pelo auxílio financeiro, e aos laboratórios LAC e LES pelo ambiente de trabalho oferecido.

Resumo

Ferrão, Luis Gustavo. **Uma Infra-Estrutura para Matchmaking Baseado em Ontologias**. Rio de Janeiro, 2004. 135p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Matchmaking pode ser entendido, de forma bem geral, como um processo de busca dos possíveis casamentos entre demandas e ofertas, em um dado domínio de aplicação. Esse trabalho define uma infra-estrutura de software para matchmaking, cujas instâncias do domínio estão descritas com base numa ontologia qualquer. A infra-estrutura proposta é composta por dois componentes: o framework Matching Module, que define uma plataforma flexível e extensível para tratar processos de matchmaking de forma independente de domínio, e a OntoAPI, uma API de serviços de acesso a dados anotados semanticamente, que utilizem RDF, RDFS ou OWL como linguagens de descrição.

Palavras-chave

Matchmaking, Ontologia, Framework, Web Services

Abstract

Ferrão, Luis Gustavo. **An Infrastructure for Ontology-Based Matchmaking**. Rio de Janeiro, 2004. 135p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Matchmaking should be understood, in a general way, as a search process for matchings between demand and supply requests within an application domain. This work defines a matchmaking software infrastructure whose domain instances are described in terms of an ontology. The proposed infrastructure has two major components: the framework *Matching Module*, which defines a flexible and extensible platform for dealing with matchmaking process, independently of the domain, and the *OntoAPI*, an API providing access services to semantically annotated data, that use RDF, RDFS or OWL as description languages.

Keywords

Matchmaking, Ontology, Framework, Web Services

Sumário

1	Introdução	13
2	Fundamentos	17
2.1.	Matchmaking	17
2.2.	Ontologias	22
2.2.1.	Linguagens de Ontologias	23
2.2.2.	API's de Acesso a Ontologias	24
2.2.3.	Programação Orientada a Ontologias	25
2.2.4.	Matchmaking e Ontologias	28
2.3.	Frameworks	28
3	Apresentação do Problema e da Solução Proposta	31
3.1.	Contextualização do Problema	31
3.2.	Apresentação da Solução Proposta	33
3.3.	O Framework Matching Module	35
3.3.1.	O Componente Domain Knowledge	37
3.3.2.	O Componente Model	41
3.3.3.	O Componente Matching Strategy	43
3.3.4.	A Camada de Serviços	45
3.4.	A OntoAPI – Uma API Para Acesso a Ontologias	47
3.5.	Considerações Finais	52
3.5.1.	Sobre a Infra-Estrutura Proposta	52
3.5.2.	Sobre o Framework Matching Module	54
3.5.3.	Sobre a OntoAPI	55
4	Especificação e Implementação	56
4.1.	Objetivo	56
4.2.	Framework Matching Module	56
4.2.1.	Diagrama de Classes	56
4.2.2.	Domain Knowledge	58
4.2.3.	Model	60
4.2.4.	Matching Strategy	61
4.2.5.	Instanciando um Domínio de Conhecimento	63
4.2.6.	O Arquivo de Configuração do Framework Matching Module	70
4.2.7.	A Camada de Serviços do Framework Matching Module	71

4.3. OntoAPI	74
4.3.1. Diagrama de Classes	74
4.3.2. Executando consultas com a OntoAPI	77
4.3.3. Obtendo Informações Sobre os Metadados das Ontologias	79
4.3.4. Ontology Broker	80
4.3.5. Processando uma Nova Ontologia	82
4.3.6. Configurando a OntoAPI	85
4.3.7. Exemplo de Uso da OntoAPI	88
4.4. Integração entre o Matching Module e a OntoAPI	90
5 Experiências de Uso da Infra-Estrutura	92
5.1. Objetivo	92
5.2. Matchmaking Aplicado ao Domínio de Gerência de Competências	93
5.2.1. Estrutura dos Conceitos do Domínio	93
5.2.2. Definindo Instâncias do Domínio	94
5.2.3. Exemplo de Matching do Tipo 1to1	97
5.2.4. Exemplo de Matching do Tipo 1toN	99
5.2.5. Exemplo de Matching do Tipo NtoN	100
5.3. Matching Entre Perfis de Pessoas	103
5.3.1. Visão Geral	103
5.3.2. Exemplo de Matching do Tipo 1to1	103
5.3.3. Exemplo de Matching do Tipo 1toN	105
5.4. Estendendo a Infra-Estrutura Proposta	106
5.4.1. Visão Geral	106
5.4.2. Definindo Prioridade no Domínio de Gerência de Competências	107
6 Conclusão e Trabalhos Futuros	110
6.1. Conclusão	110
6.2. Trabalhos Futuros	111
7 Referências Bibliográficas	113
Anexo A	119
Anexo B	129
Anexo C	131
Anexo D	133

Lista de figuras

Figura 1 – Acessando ontologias com base na abordagem de programação genérica	26
Figura 2 – Acessando ontologias com base na abordagem de programação estática	27
Figura 3 – Arquitetura da infra-estrutura proposta	34
Figura 4 – Arquitetura simplificada do Framework Matching Module	36
Figura 5 – Arquitetura do Framework Matching Module	37
Figura 6 – Exemplo de uso do State Changer	40
Figura 7 – Exemplo de um cenário de representação de um domínio por um Model	42
Figura 8 – Relacionamento entre as estratégias de matching	45
Figura 9 – Arquitetura de integração entre uma aplicação e a OntoAPI	48
Figura 10 – Casos de uso da OntoAPI	50
Figura 11 – Arquitetura da OntoAPI	51
Figura 12 – Diagrama de classes do framework Matching Module	57
Figura 13 – Diagrama de classes relacionado ao Domain Knowledge	59
Figura 14 – Diagrama de classes relacionado ao Model	60
Figura 15 – Diagrama de classes relacionado à Matching Strategy	61
Figura 16 – Relacionamento entre uma Matching Strategy e informação de domínio	62
Figura 17 – Ciclo de iteração do framework OpenTS	63
Figura 18 – Declaração da classe PersonCourseEvaluator	64
Figura 19 – Implementação da função eval1to1 da classe PersonCourseEvaluator	65
Figura 20 – Implementação da classe PersonCourseStateChanger	66
Figura 21 – Implementação da função eval1toN da classe PersonCourseEvaluator	67
Figura 22 – Implementação da classe PersonCourseRestriction	69
Figura 23 – Implementação da classe PersonCourseDomainKnowledge	69
Figura 24 – Arquivo de configuração do framework Matching Module	70
Figura 25 – Diagrama de classes da camada de serviços	71
Figura 26 – Exemplo de uma requisição de matching	73
Figura 27 – Exemplo de resultado de uma requisição de matching	74

Figura 28 – Diagrama de classes da OntoAPI	75
Figura 29 – Diagrama de classes relacionado à consulta por entidades do domínio	77
Figura 30 – Diagrama de seqüência relacionado à consulta por entidades do domínio	78
Figura 31 – Diagrama de classes relacionado à consulta por metadados	80
Figura 32 – Diagrama de classes relacionado ao broker de ontologias	81
Figura 33 – Diagrama de seqüência relacionado ao processo de brokering de ontologias	82
Figura 34 – Diagrama de classes relacionado ao processo de incorporação de ontologias	84
Figura 35 – Parâmetros do arquivo de configuração da OntoAPI	86
Figura 36 – Parâmetros de configuração relacionados ao construtor de modelos	86
Figura 37 – Parâmetros de configuração relacionados ao broker de ontologias	87
Figura 38 – Parâmetros de configuração relacionados ao acesso aos metadados	88
Figura 39 – Exemplo de uso da OntoAPI	89
Figura 40 – Classes que compõem a integração entre o Matching Module e a OntoAPI	91
Figura 41 – Estrutura dos conceitos do domínio de gerência de competências	93
Figura 42 – Relacionamento de pré-requisitos entre as instâncias de cursos	96
Figura 43 – Requisição de matching 1to1 para o domínio de gerência de competências	98
Figura 44 – Requisição de matching 1toN para o domínio de gerência de competências	99
Figura 45 – Requisição de matching NtoN para o domínio de gerência de competências	102
Figura 46 – Requisição de matching entre perfis de pessoas para o caso 1to1	104
Figura 47 – Requisição de matching entre perfis de pessoas para o caso 1toN	105
Figura 48 – Diagrama de classes	107
Figura 49 – Requisição de matching entre perfis de pessoas para o caso 1toN	108

Lista de tabelas

Tabela 1 – URI's dos conceitos do domínio de gerência de competências	94
Tabela 2 – Instâncias de cursos	95
Tabela 3 – Instâncias de pessoas	97
Tabela 4 – Resultados de matching 1to1 para o domínio de gerência de competências	99
Tabela 5 – Resultados de matching 1toN para o domínio de gerência de competências	100
Tabela 6 – Resultados de matching NtoN para o domínio de gerência de competências	102
Tabela 7 – Resultados do matching 1to1 entre perfis de pessoas	104
Tabela 8 – Resultados do matching 1toN entre perfis de pessoas	105
Tabela 9 – Resultados do matching 1toN com prioridade	109