

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 Cristianho, 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 |