



Guilherme de Araújo Szundy

**Modelagem e Implementação de Aplicações Hipermídia
Governadas por Ontologias para a Web Semântica**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Daniel Schwabe

Rio de Janeiro, novembro de 2004



Guilherme de Araújo Szundy

**Modelagem e Implementação de Aplicações Hipermedia
Governadas por Ontologias para a Web Semântica**

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.

Daniel Schwabe

Orientador
PUC-Rio

Fernanda Lima

Universidade Católica de Brasília

Marco Antônio Casanova

PUC-Rio

Simone Diniz Junqueira Barbosa

PUC-Rio

Karin Koogan Breitman

PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 10 de novembro de 2004

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

Guilherme de Araújo Szundy

Graduou-se em Engenharia de Computação na PUC-Rio em 1999. Atuou como Analista de Sistemas e Programador no desenvolvimento de soluções web para organizações não governamentais, instituições educacionais, bancos, grupos de mídia, governos e algumas das maiores empresas privadas do país. Possui interesse acadêmico e profissional nas áreas de Hipertexto e Multimídia, Engenharia de Software e Interação Humano-Computador.

Ficha Catalográfica

Szundy, Guilherme de Araújo

Modelagem e implementação de aplicações hipermídia governadas por ontologias para a web semântica / Guilherme de Araújo Szundy ; orientador: Daniel Schwabe. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2004.

154 f. : il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Aplicações hipermídia. 3. Aplicações Web. 4. OOHDM. 5. SHDM. 6. Web semântica. I. Schwabe, Daniel. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Este trabalho é dedicado a minha família,
pelo carinho e apoio incondicional,
e ao meu orientador,
pelo exemplo e inspiração.

Agradecimentos

À PUC-Rio e ao departamento de informática pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador, Professor Daniel Schwabe, pelo incentivo e confiança.

Aos membros da comissão examinadora pela paciência e atenção.

Aos colegas de estudo e pesquisa João, Sabrina e Adriana pelo apoio e pelas ricas trocas de idéias.

A todos os professores, funcionários e alunos do Departamento de Informática pela convivência agradável de todos os dias.

A Deborah, Emanuelle e Ruth pelo socorro nos trâmites burocráticos.

Aos meus amigos e familiares por tornarem tudo mais divertido e pelo apoio nos momentos difíceis.

A minha querida irmã Renata e meu cunhado Plínio pela amizade sempre presente.

Ao meu sobrinho Felipe pela alegria e simplicidade de ser criança.

Aos meus amados pais Alexandre e Célia por tudo.

Resumo

Szundy, Guilherme de Araújo; Schwabe, Daniel. **Modelagem e Implementação de Aplicações Hiperímia Governadas por Ontologias para a Web Semântica**. Rio de Janeiro, 2004. 154p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Essa dissertação propõe um modelo para o desenvolvimento de aplicações hiperímia na Web Semântica estendendo o método SHDM (Semantic Hypermedia Design Method), e apresenta uma arquitetura de implementação deste modelo. Na extensão proposta, as aplicações são visões navegacionais especificadas sobre modelos conceituais definidos por quaisquer ontologias da Web Semântica. As classes navegacionais são caracterizadas por um padrão para recuperação de dados da ontologia conceitual a partir de um recurso específico, podendo incorporar regras para filtragem de instâncias. Estruturas de acesso passam a se distinguir quanto à origem de seus dados, podendo ser arbitrárias, derivadas de consultas, derivadas de contextos ou facetadas. Elos especializam um relacionamento com base nos tipos de sua origem e destino, e podem ser definidos a partir de uma composição de relacionamentos conceituais. A especificação do modelo navegacional é dada através de um vocabulário definido como uma ontologia, tornando-a independente do ambiente de inferência e consulta empregado em qualquer implementação do modelo. Os modelos propostos são utilizados como dados para a geração de aplicações, com suporte na arquitetura de implementação definida e implementada.

Palavras-chave

Aplicações Hiperímia; Aplicações Web; OOHDM; SHDM; Web; Web Semântica; WWW

Abstract

Szundy, Guilherme de Araújo; Schwabe, Daniel (Advisor). **Modeling and Implementation of Ontology Driven Hypermedia Applications for the Semantic Web**. Rio de Janeiro, 2004. 154p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation proposes a development model for hypermedia applications on the Semantic Web extending the Semantic Hypermedia Design Method (SHDM), and presents an implementation architecture for this model. In the proposed extension applications are seen as navigational views over conceptual models defined by any Semantic Web ontology. Navigational classes are characterized by a retrieval pattern of conceptual ontology data from a specific resource, and can also incorporate rules for instances filtering. Access structures are now distinguished by their data source, and are categorized as arbitrary, query based, context based or faceted. Links specialize conceptual relationships based on the data types of its origin and destination, and can also map relationship compositions. A vocabulary defined as an ontology is used for the specification of the navigational model, making it independent from the query and inference environment used by any implementation of the model. The implementation architecture specified and implemented generates applications directly from the data contained in the proposed models.

Keywords

Hypermedia Applications; Web Applications; OOHDM; SHDM; Web; Semantic Web; WWW

Sumário

1	Introdução	19
1.1	A Web Semântica	19
1.2	Explorando dados na Web Semântica	22
1.3	Organização da dissertação	24
2	O método SHDM	25
2.1	Modelo conceitual	29
2.2	Modelo navegacional	34
2.2.1	Classes navegacionais	35
2.2.2	Classes em contexto	37
2.2.3	Elos	38
2.2.4	Contextos navegacionais	40
2.2.5	Estruturas de acesso	42
2.2.6	Navegação facetada	43
2.2.7	Landmarks	46
2.3	Operações	46
3	Especificação do mapeamento navegacional SHDM	48
3.1	Mapeamento de classes navegacionais	51
3.1.1	Mapeamento de instâncias	51
3.1.2	Definição de atributos	54
3.1.2.1	Atributos simples	54
3.1.2.2	Listas	57
3.1.2.3	Atributos como âncoras	65
3.1.2.4	Atributos como índices	67
3.1.3	Generalização	68
3.2	Mapeamento de elos	69
3.3	Classes em contexto	70
3.4	Contextos navegacionais	71

3.5 Estruturas de acesso	78
3.5.1 Índices derivados de consulta	78
3.5.2 Índices derivados de contexto	80
3.5.3 Índices arbitrários	81
3.5.4 Índices facetados	83
3.6 Facetas e grupos de facetas	84
3.7 Landmarks	89
3.8 Operações	89
4 Exemplo	91
4.1 Modelo conceitual	91
4.2 Mapeamento navegacional	92
5 Arquitetura de implementação	103
5.1 Visão geral	103
5.2 Implementação	104
5.2.1 O modelo de visualizações	108
5.2.2 O módulo de execução	109
5.2.3 Leitura e mapeamento	109
5.2.4 O tratamento de uma requisição	109
5.2.5 Funcionalidades implementadas	111
6 Conclusão	112
6.1 Trabalhos relacionados	112
6.2 Contribuições	114
6.3 Trabalhos futuros	115
7 Referências bibliográficas	118
8 Apêndice I - Vocabulário SHDM	121
8.1 Classes	121
8.2 Propriedades	123
9 Apêndice II - Notação N3	136

10 Apêndice III - Ontologia conceitual da aplicação exemplo 141

11 Apêndice IV - Especificação do mapeamento navegacional da aplicação exemplo 144

Siglas

DAML	DARPA Agent Markup Language
HTML	HyperText Markup Language
OIL	Ontology Inference Layer
OOHDM	Object Oriented Hypermedia Design Method
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Framework
RDFS	Resource Description Framework Schema
RDQL	RDF Data Query Language
RQL	RDF Query Language
SHDM	Semantic Hypermedia Design Method
URI	Universal Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
Web	World Wide Web
WWW	World Wide Web
XML	eXtensible Markup Language
XML Schema	eXtensible Markup Schema Language
JSP	Java Server Pages
MVC	Model-View-Controller

Lista de tabelas

Tabela 1 - Artefatos do método SHDM	28
Tabela 2 - Prefixos dos <i>namespaces</i> utilizados na dissertação	30
Tabela 3 - Exemplo de tabela de mapeamento de classe navegacional	37
Tabela 4 - Lista com dados das músicas de um CD	58
Tabela 5 - Lista de CDs sem ordenação	63
Tabela 6 - Lista de CDs ordenados por título	63
Tabela 7 - Lista de CDs ordenados por ano e título	63
Tabela 8 - Alternativas para declaração da etiqueta de um atributo âncora definido sobre um elo	66
Tabela 9 - Classes do vocabulário SHDM	123
Tabela 10 - Propriedades do vocabulário SHDM	135

Lista de figuras

Figura 1 - Exemplo de um grafo RDF	21
Figura 2 - Fluxo típico de desenvolvimento de uma aplicação pelo método SHDM	27
Figura 3 - Exemplo de representação de um esquema conceitual como um diagrama de classes no estilo UML	34
Figura 4 - Exemplo da aplicação da máscara de uma classe navegacional em um grafo RDF	36
Figura 5 - Exemplo de representação gráfica da classe navegacional <i>Book</i>	37
Figura 6 - Exemplo de mapeamento de um caminho de propriedades como um elo	39
Figura 7 - Exemplo do mapeamento de elos especializando as relações representadas por propriedades conceituais	39
Figura 8 - Exemplo de navegação em busca de uma obra de arte	43
Figura 9 - Exemplo do particionamento do conjunto de obras de arte	44
Figura 10 - Exemplo de organização hierárquica dos valores de uma faceta de obras de artes pelo país de origem	45
Figura 11 - Exemplo de um grafo RDF de instâncias conceituais	49
Figura 12 - Exemplo de um grafo RDF de instâncias navegacionais	50
Figura 13 - Exemplo de mapeamento de um atributo como uma lista	58
Figura 14 - Grafo com os dados de instâncias conceituais das faixas de um CD	59
Figura 15 - Árvore correspondendo ao mapeamento de um atributo como uma lista	59
Figura 16 - Identificação dos dados de uma lista em um grafo de instâncias conceituais	60
Figura 17 - Grafo de instâncias navegacionais resultante do mapeamento de uma lista	61
Figura 18 - Esquema conceitual para o <i>website</i> de um departamento acadêmico	92

Figura 19 - Esquema de classes navegacionais para o <i>website</i> do departamento acadêmico	94
Figura 20 - Diagrama de contextos para o <i>website</i> do departamento acadêmico	96
Figura 21 - Cartão de contexto de alunos em ordem alfabética, <i>ctxAlunosAlfa</i>	96
Figura 22 - Cartão de contexto de pessoa por publicação, <i>ctxPessoaPorPublicacao</i>	97
Figura 23 - Cartão da estrutura de acesso <i>idxAreasDePesquisa</i>	98
Figura 24 - Cartão da estrutura de acesso <i>idxProfessores</i>	100
Figura 25 - Arquitetura para execução de aplicações SHDM	103
Figura 26 - Fluxo de processamento de uma requisição	104
Figura 27 - Arquitetura JSP Modelo 2	105
Figura 28 - Arquitetura de módulos do sistema	106
Figura 29 - Diagrama de pacotes do sistema	107
Figura 30 - Diagrama de classes do pacote <i>shdm.data</i>	108
Figura 31 - Diagrama de seqüência do processamento de uma requisição	110

Lista de quadros

Quadro 1 - Exemplo de declaração de dados em RDF/XML	20
Quadro 2 - Exemplo de declaração de uma sentença RDF	29
Quadro 3 - Exemplo de declaração de um conjunto de sentenças RDF	30
Quadro 4 - Exemplo de declaração de classes em RDFS	30
Quadro 5 - Exemplo de declaração de mapeamento de classe navegacional	50
Quadro 6 - Exemplo de declaração de mapeamento de classe navegacional com regra de filtragem de instâncias	52
Quadro 7 - Exemplo de declaração de mapeamento de atributo simples	54
Quadro 8 - Exemplo de declaração do mapeamento de classe navegacional com mapeamento automático de atributos simples	56
Quadro 9 - Exemplo de declaração de mapeamento de uma classe navegacional com filtro de exclusão para mapeamento automático de atributos simples (no exemplo, <i>ex:categoria</i>)	56
Quadro 10 - Exemplo de declaração de atributo de uma classe navegacional como uma lista	61
Quadro 11 - Exemplo de declaração de atributo de uma classe navegacional como uma lista com ordenação	63
Quadro 12 - Exemplo de declaração de atributo de classe navegacional como âncora a partir de um elo	65
Quadro 13 - Exemplo de declaração de atributo de classe navegacional como âncora	66
Quadro 14 - Exemplo de declaração de mapeamento de índice como atributo de uma classe navegacional	67
Quadro 15 - Exemplo da declaração de mapeamento de classe navegacional com especialização	68
Quadro 16 - Exemplo de declaração de mapeamento de elo	69
Quadro 17 - Exemplo de declaração de mapeamento inverso de elo	69
Quadro 18 - Exemplo de declaração de classe em contexto	70

Quadro 19 - Exemplo de declaração de um contexto com uma regra de seleção sem condição adicional	71
Quadro 20 - Exemplo de declaração de um contexto com duas regras de seleção	72
Quadro 21 - Exemplo de declaração de um contexto parametrizado	73
Quadro 22 - Exemplo de declaração de um contexto facetado	73
Quadro 23 - Exemplo de declaração de um contexto com navegação circular	74
Quadro 24 - Exemplo de declaração de um contexto com navegação seqüencial e por índice	75
Quadro 25 - Exemplo de declaração de interseção de contextos	76
Quadro 26 - Exemplo de declaração de um contexto com critério de ordenação padrão	77
Quadro 27 - Exemplo de declaração de um índice derivado de consulta com dois atributos	78
Quadro 28 - Exemplo de declaração de um índice derivado de consulta parametrizado	79
Quadro 29 - Exemplo de declaração de um índice derivado de contexto	80
Quadro 30 - Exemplo de declaração de um índice arbitrário	82
Quadro 31 - Exemplo de declaração de um índice facetado	83
Quadro 32 - Exemplo de declaração de um grupo de facetas	84
Quadro 33 - Exemplo de declaração de combinações inválidas de valores de facetas	85
Quadro 34 - Exemplo de declaração de uma faceta sobre um atributo de uma classe navegacional	86
Quadro 35 - Exemplo de declaração de uma faceta sobre um elo de uma classe navegacional	86
Quadro 36 - Exemplo de declaração de uma faceta com a especificação de uma hierarquia de valores	87
Quadro 37 - Exemplo de declaração de uma faceta em função de uma hierarquia de classes	88
Quadro 38 - Exemplo de declaração de um <i>landmark</i>	88
Quadro 39 - Exemplo de declaração de assinatura de uma operação	89

Quadro 40 - Declaração da propriedade conceitual <i>ex:nome</i>	90
Quadro 41 - Declaração do mapeamento da classe navegacional <i>Publicacao</i>	94
Quadro 42 - Declaração do mapeamento do atributo <i>titulacao</i> da classe navegacional <i>Professor</i>	94
Quadro 43 - Declaração do contexto de alunos em ordem alfabética, <i>ctxAlunosAlfa</i>	96
Quadro 44 - Declaração do contexto de pessoa por publicação, <i>ctxPessoaPorPublicacao</i>	97
Quadro 45 - Declaração da estrutura de acesso <i>idxAreasDePesquisa</i>	98
Quadro 46 - Declaração da estrutura de acesso <i>idxProfessores</i>	100
Quadro 47 - Exemplo de uma tripla RDF expressa em N3	135
Quadro 48 - Exemplo de uso de prefixos de <i>namespace</i> em N3	136
Quadro 49 - Exemplo de representação de uma sentença RDF na sintaxe RDF/XML	136
Quadro 50 - Exemplo de repetição de um sujeito em diversas sentenças	136
Quadro 51 – Exemplo do uso de ponto-e-vírgula para evitar a repetição do sujeito em diversas sentenças	137
Quadro 52 - Exemplo de repetição de uma mesma propriedade na descrição de um recurso	137
Quadro 53 - Exemplo do uso da vírgula para evitar e repetição de uma mesma propriedade na descrição de um recurso	137
Quadro 54 - Exemplo da descrição de um recurso em RDF/XML	137
Quadro 55 - Exemplo de declaração de um contexto em RDF/XML	138
Quadro 56 - Exemplo de declaração de um contexto em N3	138
Quadro 57 - Exemplo de declaração do tipo de um recurso, em N3, utilizando a propriedade <i>rdf:type</i>	138
Quadro 58 - Exemplo de declaração do tipo de um recurso, em N3, utilizando a abreviação da propriedade <i>rdf:type</i>	138
Quadro 59 - Exemplo de declaração do tipo de um recurso em RDF/XML	139

Quadro 60 - Exemplo de declaração do tipo de um recurso, em RDF/XML,
em formato compacto

139