

6 Conclusão

6.1. Trabalhos relacionados com o método SHDM

O método SHDM, proposto por [Lima, 2003] e atualizado por [Szundy, 2004], já empregava o modelo de dados RDF como base estrutural do seu esquema de domínio. As mudanças no método apresentadas neste trabalho tiveram o objetivo de torná-lo mais consistente com o modelo RDF e de acordo com as práticas *Linked Data* e as práticas recomendadas pelo projeto *Linking Open Data* e, conseqüentemente, mais adequado ao desenvolvimento de aplicações na Web Semântica. Na etapa de modelagem de domínio, foram acrescentadas algumas recomendações para o projeto de ontologia de domínio com ênfase na reutilização. Além disso, os *namespace* e *datasets* (repositórios de dados da Web Semântica) foram incorporados como primitivas do modelo de domínio. A inclusão dos *datasets* tornou possível a utilização de uma grande variedade de dados disponibilizados pelo projeto *Linking Open Data* pelas aplicações modeladas com o SHDM.

O modelo navegacional também sofreu mudanças para torná-lo mais consistente com o modelo RDF. Foram removidas todas as tarefas de mapeamento de dados de domínio para dados navegacionais. A partir de agora, os dados navegacionais são os mesmos do domínio, enriquecidos com atributos navegacionais. Com isso, o esquema de classes navegacionais também foi removido, mas o conceito de nó navegacional permaneceu, sendo entendido como um recurso RDF acessado em um contexto navegacional. O esquema de contextos navegacionais, a especificação dos atributos navegacionais e classes em contexto também permaneceram e a ontologia do modelo navegacional foi atualizada para comportar as novas mudanças. Os contextos navegacionais passaram a ter suas regras de seleção especificadas na linguagem de consultas SPARQL estendida

com as funcionalidades de federação da SPARQL 1.1, para possibilitar o uso dos *datasets* como parte das regras de seleção.

O modelo de operações, integrado ao método SHDM por [Santos, 2010], sofreu pequenas alterações no seu vocabulário para torná-lo mais simples. Neste trabalho apresentamos a conclusão de que certos comportamentos pré-definidos da aplicação fornecidos pelos outros modelos, por exemplo a navegação, podem ser especificados como instâncias do modelo de operações.

O modelo de interfaces permaneceu inalterado de acordo com a proposta de [Luna, 2009].

Além do SHDM, não há métodos voltados para o desenvolvimento de aplicações na Web Semântica segundo as práticas *Linked Data*. Alguns métodos para o desenvolvimento de aplicações hipermídia como o UWE, WebML, OOWS e Hera apenas incorporam o modelo de dados RDF como base de dados de suas aplicações, sem levar em consideração aspectos importantes da Web Semântica que foram discutidos neste trabalho, como o reuso de ontologias e utilização dos dados distribuídos na nuvem *LOD*.

6.2. Trabalhos relacionados com o ambiente Synth

Apesar de utilizar uma base de dados RDF, o HyperDE [Nunes, 2004] não se mostrou adequado às novas recomendações da comunidade para aplicações na Web Semântica. Seu principal problema está no fato de utilizar uma ontologia própria para o meta modelo de domínio, inviabilizando o uso das ontologias da comunidade descritas em RDFS e OWL e, conseqüentemente, o uso dos dados disponíveis nos repositórios de dados do projeto *Linking Open Data*. Além disso, o HyperDE não implementa as mudanças recentes introduzidas no método, como o modelo de operações [Santos, 2010] e o novo modelo de interfaces [Luna, 2009]. Mesmo assim, o HyperDE foi a principal inspiração para a criação do ambiente Synth.

O Synth introduz uma nova arquitetura totalmente baseada no modelo de dados RDF, pois manipula um modelo de domínio descrito em RDFS e OWL. É integrado com a linguagem de consultas SPARQL, que é a recomendação corrente do W3C para consultas em bases de dados RDF, aceita consultas federadas da linguagem SPARQL 1.1 ainda em desenvolvimento e é compatível com

inferências OWL. Assim como o HyperDE, o Synth é um ambiente de desenvolvimento autocontido, pois todas as suas dependências para funcionamento são distribuídas em conjunto, facilitando a instalação e o uso do ambiente.

Atualmente, há algumas alternativas no mercado para o desenvolvimento de aplicações na Web Semântica. O KiWi⁸⁹, Semantic MediaWiki⁹⁰ e OntoWiki⁹¹ são ferramentas do tipo Wiki [Ebersbach et al., 2005] com facilidades para a manipulação de dados em RDF. Apesar de ser possível construir aplicações personalizadas com essas ferramentas, com mais funcionalidades além das fornecidas por um Wiki, elas não são ambientes que facilitam essa personalização, obrigando que o projetista altere o código fonte das mesmas para atender os requisitos não fornecidos por elas.

O CubicWeb⁹² é um *framework* para desenvolvimento de aplicações na Web Semântica que possibilita a construção de aplicações pelo reuso de componentes (chamados “cubos”) e segue princípios bem conhecidos de projeto orientado a objetos.

Recentemente, o projeto LOD2⁹³ (*Linking Open Data 2*) publicou o *LOD2 Stack*⁹⁴ que é um catálogo contendo uma pilha de ferramentas de software, cada uma atendendo aspectos diferentes do desenvolvimento de aplicações na Web Semântica. Entre os projetos do *LOD2 Stack* estão vários já conhecidos da comunidade, como o OpenLink Virtuoso⁹⁵, base de dados que manipula, entre outras bases de dados, grafos RDF e fornece acesso via SPARQL *Endpoints*; D2R Server⁹⁶ e Triplify⁹⁷, que fornecem visões RDF sobre dados relacionais e o OntoWiki.

89 <http://www.kiwi-project.eu>

90 <http://semantic-mediawiki.org>

91 <http://ontowiki.net>

92 <http://www.cubicweb.org>

93 <http://lod2.eu>

94 <http://lod2.eu/WikiArticle/TechnologyStack.html>

95 <http://virtuoso.openlinksw.com>

96 <http://www4.wiwiss.fu-berlin.de/bizer/d2r-server>

97 <http://triplify.org>

O OSF⁹⁸ (*open semantic framework*) é a combinação de uma arquitetura em camadas e software modular completos para a construção de aplicações na Web Semântica.

Nenhuma das ferramentas citadas acima está integrada com algum método de desenvolvimento de aplicações. O desenvolvimento com essas ferramentas se resume a utilizar as funcionalidades fornecidas, como edição de páginas e edição de dados RDF, e programar em nível de código fonte as mudanças necessárias para os requisitos da aplicação.

O Synth, além de fornecer um ambiente completo e autocontido para a construção de aplicações sem a necessidade de alteração no seu código fonte, é integrado com o método SHDM para desenvolvimento de aplicações hipermídia na Web Semântica de acordo com as práticas *Linked Data* e práticas recomendadas pelo projeto *Linking Open Data*. Em virtude disto, o Synth permite desenvolver aplicações com um mínimo de programação – em alguns casos, sem nenhuma programação

6.3. Contribuições

As principais contribuições desse trabalho são a atualização do método SHDM apresentando maior conformidade com as práticas recomendadas pela comunidade e o ambiente de desenvolvimento Synth completo e integrado com método SHDM para a construção de aplicações hipermídia na Web Semântica.

Mais detalhadamente, este trabalho ofereceu as seguintes contribuições:

- Uma recomendação para o projeto de ontologias de domínio com ênfase na reutilização, baseada nas práticas *Linked Data*;
- A inclusão da primitiva *datasets* (repositórios de dados) no modelo de domínio, permitindo a utilização de dados fornecidos pelo projeto *Linking Open Data*, como parte das instâncias de domínio da aplicação;
- A simplificação do modelo navegacional, removendo os mapeamentos entre classes de domínio e classes navegacionais. Agora o modelo navegacional acessa diretamente o modelo de domínio e enriquece este

⁹⁸ <http://openstructs.org/open-semantic-framework>

modelo com atributos navegacionais para atender os requisitos de navegação da aplicação. Além de ter ficados mais simples, o modelo navegacional ficou mais consistente com o modelo de dados RDF;

- Simplificação da ontologia do modelo de operações e a utilização deste modelo para a especificação dos comportamentos pré-definidos que dão semântica aos outros modelos da aplicação, especialmente o de navegação;
- O projeto de uma arquitetura de software modular, independente de tecnologia, para o desenvolvimento de aplicações segundo o SHDM. Esta arquitetura permite a integração fácil de novos modelos que especificam outros interesses, tais como, por exemplo, modelos para controle de acesso;
- O ambiente Synth para o desenvolvimento de aplicações na Web Semântica, apresentando as seguintes características e funcionalidades:
 - Integrado com a versão corrente do SHDM apresentada neste trabalho, incluindo as implementações para os modelos de operações e de interfaces propostos respectivamente por [Santos, 2010] e [Luna, 2009];
 - Meta modelo de domínio baseado em ontologias descritas em RDFS e OWL, reconhecendo inferências, apoiando a reutilização de ontologias e facilitando o uso de dados disponíveis na Web Semântica;
 - Ambiente de autoria executável a partir de um navegador de internet para a manipulação das primitivas dos modelos do SHDM;
 - Editor RDF básico para criação e manipulação dos recursos RDF e suas propriedades;
 - Suporte à modelagem de classes em contexto e atributos navegacionais como extensão do modelo de domínio;
 - Especificação das regras de seleção dos contexto em SPARQL com suporte a consultas federadas da SPARQL 1.1;
 - A linguagem SynthQL que simplifica a construção das expressões de consultas mais comuns da linguagem SPARQL;

- Execução da aplicação durante a modelagem, permitindo sua avaliação durante a construção.

6.4. Trabalhos futuros

Em relação ao SHDM, podemos citar:

- Incluir um modelo especializado de autorização capaz de descrever regras de acesso baseadas em usuários e papéis e integrado com os outros modelos do SHDM;
- Extensão do método para modelagem de aplicações com funcionalidades de hipermídia adaptativa. Envolve a definição de um modelo de usuários e a identificação e especificação de um conjunto de regras que estabeleçam as alterações possíveis na navegação, interface e conteúdo da aplicação, como por exemplo proposto em [Assis, 2005];
- Incluir um modelo de transações – Por se tratar de ambiente distribuído, a Web (e a Web Semântica) possuem, naturalmente, comportamentos paralelos. É natural, em muitos casos, o acesso simultâneo e concorrente a recursos. Para que se garanta a integridade física e lógica dos dados, a solução tradicional, em ambientes baseados em Bancos de Dados, é a utilização de controle de transações. Para que isto também seja possível no ambiente *Linked Data*, é necessário um modelo de transações que seja adaptado às características da Web e do modelo de dados RDF;
- Incluir um modelo de federação de dados que permita estabelecer mapeamentos entre o modelo de domínio da aplicação e outros modelos de domínio disponíveis nos repositórios da LOD. Este modelo facilitaria ainda mais a reutilização de dados, pois criaria uma independência entre o modelo de domínio da aplicação e as instâncias de dados disponíveis em repositórios externos. Além disso o modelo de federação poderia especificar regras para atualização de dados nos repositórios externos;
- Modelagem da distribuição da arquitetura de *runtime* que possibilite descrever quais partes da aplicação serão executadas no cliente e quais serão executadas no servidor.

Em relação ao ambiente Synth, podemos citar:

- Integração com a biblioteca RDF.rb⁹⁹ que tem se mostrado mais bem estruturada e com o desenvolvimento mais ativo que a ActiveRDF;
- Integração com a base de dados RDF OWLIM¹⁰⁰, que tem se mostrado uma boa opção para alto desempenho;
- Suporte a modelagem da navegação facetada;
- Guias para auxílio na construção do modelo navegacional, simplificando as tarefas de definição dos contextos e índices mais comuns a partir da avaliação do modelo de domínio;
- Um editor gráfico para a descrição da interface abstrata por meio da manipulação de elementos visuais.

⁹⁹ <http://rdf.rubyforge.org>

¹⁰⁰ <http://www.ontotext.com/owlim>