

Proposta de Um Método para o Desenvolvimento de Aplicações para a Web Semântica Utilizando MDA

Leonardo M. Cunha¹, Carlos J. P. de Lucena¹

¹Laboratório de Engenharia de Software, Departamento de Informática,
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio,
R. Marquês de São Vicente, 225, Gávea,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22453-900, + 55 21 2540-6915 x103
e-mail: [leocunha, lucena]@les.inf.puc-rio.br

Resumo

Uma solução de gerência do conhecimento, utilizando as tecnologias da Web Semântica, foi elaborada para o Laboratório de Engenharia de Software da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Durante este processo percebeu-se a necessidade de um método que possibilitasse o desenvolvimento de aplicações que tratam dados anotados segundo uma ontologia ao contrário de métodos ad hoc que levam a redundância de informações e re-trabalho. Neste artigo discutem-se os trabalhos em andamento e como este tema será desenvolvido utilizando uma abordagem do Object Group Management (OMG) chamada de Model Driven Architecture (MDA).

Abstract

This paper describes an ongoing research work carried out at the Software Engineering Laboratory of the Computer Science Department at the Catholic University of Rio de Janeiro. This work tries to leverage the construction of Semantic Web applications through the use of Object Group Management's Model Driven Architecture (MDA). An annotation tool was developed to manage the knowledge of a group of researchers and now some applications to access the semantically annotated data need to be developed. For that purpose, the use of MDA seems quite applicable.

1. Introdução

Segundo Sure *et alli* [1] a Gerência do Conhecimento (*Knowledge Management* - KM) vem se tornando um importante fator de sucesso em organizações onde a aplicação do conhecimento é crucial, por exemplo em empresas, passando por universidades e principalmente em grupos de pesquisa. Entretanto, implementar uma iniciativa de KM é uma tarefa complexa e desafiante. Neste contexto, uma solução interessante é adicionar semântica aos dados disponíveis. Isto permite que diferentes sistemas apliquem técnicas de raciocínio (*reasoning*) e desta forma infiram novos dados e forneçam serviços personalizados para os usuários finais. Esta é a solução proposta pela Web Semântica [2, 3] e suas tecnologias associadas.

A solução proposta pela Web semântica pode ser resumida, informalmente, na fórmula:

Dados + Semântica (ontologias) + Inferências = Serviços “inteligentes” para usuários finais

Esta distinção pode ser também encontrada no trabalho de Fensel *et alli* [4], onde o alcance do potencial da Web Semântica está “sujeito” ao desenvolvimento de uma gama de ferramentas e tecnologias:

- Linguagens formais para representar ontologias; editores para construir, alinhar, unir e reutilizar ontologias;

- Serviços de inferência (*reasoning*) que permitam consultas avançadas e mapeamento entre diferentes terminologias;

- Ferramentas de anotação para ligar (*to link*) fontes de informação, desestruturadas ou semi-estruturadas, como metadados;

- Ferramentas para acesso e navegação que possibilitem a utilização “inteligente” para usuários e serviços de tradução e integração de diferentes ontologias. Isto possibilitaria o intercâmbio de dados descritos em diversas especificações (*standards*) (especialmente nos casos de comércio eletrônico *Business-to-Business* e KM).

O presente artigo é o resultado de um trabalho que tem por objetivo o estudo e a integração das soluções da Web Semântica com a área de Engenharia de Software. A princípio, foram estudados os conceitos que embasam a Web Semântica, como ontologias [5, 6, 7, 8], linguagens para sua representação [9, 10], editores para sua criação [11, 12, 13] assim como métodos e metodologias [14, 15] para a criação das mesmas.

A partir destas atividades foi possível a determinação de um estudo de caso que possibilitasse a aplicação dos conceitos da Web Semântica. O estudo de caso escolhido foi o desenvolvimento de uma solução de gerência do conhecimento, que armazena e disponibiliza as informações dos pesquisadores e sua produção, no Laboratório de Engenharia de Software (LES) da PUC-Rio. Este estudo de caso compreendeu a adaptação de uma ferramenta geradora de portais (Milestone Portalware) baseada método OOHD (Object Oriented Hypermedia Design Method) [16, 17] através da incorporação de semântica, por meio de uma ontologia, aos dados oferecidos pelo portal criado pela ferramenta [18].

A partir dos dados anotados oferecidos pela ferramenta adaptada foi possível o desenvolvimento de aplicações que utilizassem-nos. As aplicações desenvolvidas foram respectivamente um *framework* para a geração de relatórios, como Lattes [19] e RPA [20], e um outro para a formação de grupos de interesse, por exemplo entre pesquisadores de uma mesma área de pesquisa.

A partir do desenvolvimento destas aplicações, a nova etapa que se impõe é a efetiva integração das áreas de Web Semântica e Engenharia de Software. Isto, acredita-se, dar-se-á pela utilização de um conceito há muito difundido, mas que vem ganhando espaço tanto na área acadêmica [21, 22, 23] como na comercial, que é o de *Model Driven Development*. Duas das iniciativas que se destacam atualmente são as da Microsoft, chamada de *Software Factories* [24], e a do *Object Group Management* (OMG), chamada de *Model Driven Architecture* (MDA) [25, 26].

Como as ontologias podem ser consideradas modelos, este trabalho propõe a utilização das mesmas, através de uma abordagem MDA, para a construção de aplicações que tratem dados anotados semanticamente. Por outro lado, há a possibilidade de “inserção” de semântica em várias aplicações já desenvolvidas utilizando modelos descritos seguindo padrões como o *Meta-Object Facility* (MOF) [27].

Este artigo encontra-se organizado da seguinte forma: na próxima seção é introduzida a abordagem MDA. Na seção 3 são discutidos a evolução do estudo de caso assim como o desenvolvimento de um método para a criação de aplicações semânticas. Na seção seguinte são apresentados brevemente alguns trabalhos relacionados e na seção 5, as atividades já realizadas, em andamento e futuras.

2. Model Driven Architecture

Como a Web Semântica pode ser considerada uma extensão da *World Wide Web* (WWW) conhecida hoje através do fornecimento de um significado bem definido para os dados disponíveis [1], a diversidade de plataformas e tecnologias é também considerável. Tanto na WWW como na maior parte das áreas em tecnologia da informação, homogeneidade em plataformas de hardware, sistemas operacionais, protocolos e linguagens de programação é algo quase impossível de ser alcançado. A adequação destes recursos às soluções para as organizações é sempre limitada ao tipo de meta que se pretende atingir.

A iniciativa *Model Driven Architecture* (MDA) definida pelo OMG se apresenta como uma solução para o problema apresentado no parágrafo anterior. MDA é baseada na idéia de separar a especificação das funcionalidades de um sistema dos detalhes de sua implementação em uma plataforma específica. As principais metas a serem alcançadas são portabilidade, interoperabilidade e reusabilidade através da separação arquitetural de interesses (*concerns*).

MDA oferece uma abordagem para resolver o problema através de:

- Especificação de um sistema independentemente da plataforma na qual ele será desenvolvido;
- Especificação de plataformas; escolha de uma plataforma específica; e
- Transformações da especificação do sistema em uma plataforma particular.

Além de se basear em modelos para o desenvolvimento de aplicações, MDA também possibilita o reaproveitamento do grande número de sistemas já desenvolvidos utilizando MOF/UML, incentiva a técnica de *Design by Contract* [28], e promove as ferramentas já desenvolvidas para o gerenciamento de modelos MOF/UML, como a plataforma Eclipse [29].

Como o objetivo inicial deste trabalho é a integração da Web Semântica com a Engenharia de Software, verificou-se que há possibilidades de associação entre estas duas áreas como será discutido na próxima seção.

3. Evolução do Estudo de Caso e Discussão da Proposta de um Método para o Desenvolvimento de Aplicações para a Web Semântica utilizando MDA

Conforme descrito anteriormente, um estudo de caso [18] foi projetado e está sendo implementado para solucionar a gerência do conhecimento dos projetos desenvolvidos e em desenvolvimento no Laboratório de Engenharia de Software da PUC-Rio. Como resultado deste estudo de caso já se encontra em fase de testes o portal adaptado que fornece informações anotadas segundo uma ontologia e dois *frameworks*, apresentados a seguir, que utilizam estas informações.

O *framework* OntoREx tem o propósito de extrair relatórios no formato XML, que sigam uma estrutura genérica, porém bem definida, a partir de uma base de conhecimento anotada segundo uma ontologia. Uma das instâncias que foi gerada deste *framework* foi uma ferramenta que permite a geração do currículo Lattes [19] de um pesquisador a partir das informações fornecidas pelo portal adaptado. Outra possível instância que será implementada é a geração de informações para o projeto RPA@PUC (Rede de Perfis Acadêmicos da PUC-Rio) que armazena e disponibiliza dados sobre a produção acadêmica da PUC-Rio através da Internet [20].

Um segundo *framework* foi desenvolvido para a formação de grupos de interesse a partir de uma base de conhecimento, anotada em DAML+OIL. A base de conhecimento deve seguir os conceitos de qualquer ontologia que trate de pessoas e de objetos (palavras-chave, áreas de pesquisa etc) nos quais as pessoas possuam interesse. Este interesse deve ser determinado através do cálculo de um perfil, que por sua vez, deve ser

baseado em alguma heurística, como por exemplo, quantas publicações um determinado pesquisador possui com a palavra-chave Hipermissão.

Estes dois *frameworks* caracterizam alguns dos tipos de aplicações semânticas que podem ser desenvolvidas com o auxílio de ontologias. Mas como possibilitar que estas aplicações sejam reaproveitadas em diferentes sistemas operacionais ou diferentes linguagens de programação? Como aproveitar a capacidade de inferir sobre estas informações ao desenvolvermos uma aplicação? Nós acreditamos que através da utilização de MDA estas e outras oportunidades podem ser alcançadas.

A linguagem que é utilizada em MDA para a descrição dos seus modelos, MOF/UML, é complementar em vários aspectos a *Ontology Web Language* (OWL) [10], que é a recomendação atual do *World Wide Web Consortium* (W3C) para linguagem de descrição de ontologias. As técnicas de *Design by Contract* podem ser favorecidas com a utilização de ontologias e máquinas de inferência como as oferecidas pela Web Semântica. Outros pontos que talvez venham a gerar resultados interessantes são a utilização das ferramentas e tecnologias já disponíveis para o gerenciamento de modelos que apóiam o desenvolvimento de modelos MOF/UML e a utilização de UML como linguagem de representação gráfica para ontologias.

Num primeiro momento, nosso foco está voltado para identificação de quais informações disponíveis numa ontologia podem auxiliar no processo de desenvolvimento das aplicações. Portanto, pretende-se que dada uma ontologia, possibilite-se a criação de aplicações que utilizem dados descritos segundo esta ontologia através de um método que será definido utilizando-se da abordagem de MDA. Assim, possibilita-se que um engenheiro do conhecimento desenvolva ontologias e forneça dados mais claros e precisos auxiliando os engenheiros de software na criação de aplicações para a Web Semântica.

De acordo com Guarino [30], ontologias podem ser classificadas como alto nível, de domínio, de tarefa e de aplicação. Cada um destes tipos de ontologia deverá ser levado em consideração quando do desenvolvimento do método, uma vez que o escopo das informações disponíveis é completamente diferente. No estudo de caso que está em desenvolvimento, trabalhou-se com uma ontologia de domínio e reflexo disso no desenvolvimento das aplicações é que foi possível generalizá-las a ponto de torná-las *frameworks*. Ontologias de aplicação provavelmente podem muito mais informações do que uma ontologia de domínio e portanto seu auxílio pode ser importante não só para a construção de diagramas estáticos (classes), mas também dinâmicos (sequência, colaboração etc).

Além da questão da classificação das ontologias, que deve ser aprofundada, há também o nível de expressividade da sub-linguagem de OWL utilizado. A princípio, OWL *Lite* não parece suficiente para o tratamento de sistemas mais complexos, uma vez que existirão, por exemplo, restrições de cardinalidade que não somente as de 0 ou 1. Já OWL *DL* parece atender aos objetivos apresentados neste trabalho, já que há a garantia de completude computacional (*computational completeness*) e decidibilidade (*decidability*). Já OWL *Full*, apesar do alto poder de expressividade não oferece garantias computacionais, o que a torna inadequada para este trabalho.

Para alcançar esta meta e demonstrar a contribuição do trabalho, a continuidade do estudo de caso, sua evolução e manutenção serão necessárias e, caso haja necessidade, novos casos de uso serão projetados.

4. Trabalhos Relacionados

O OMG lançou uma chamada de trabalhos para a definição de um padrão para a transformação de modelos descritos em UML em ontologias descritas em OWL através da abordagem de MDA. Algumas propostas iniciais foram submetidas e na proposta final os proponentes se uniram e submeteram um trabalho conjunto [31].

A proposta final submetida à chamada do OMG prevê a realização tanto da transformação de modelos UML em OWL quanto de modelos OWL em UML. Entretanto o enfoque é mantido na transformação de UML em OWL, o que é claramente influenciado por ser o OMG a organização que vem gerenciando este projeto.

Outro trabalho relacionado importantes é o de Gašević *et alli* [32] que possui uma abordagem similar à da proposta final submetida ao OMG. Tanto a proposta final submetida ao OMG quanto o de Gašević *et alli* [32] se diferenciam deste no enfoque que é o de atentar para as transformações de UML para OWL.

Dentre outros trabalhos relacionados que precisam ser mais estudados está o projeto HERA [33], que objetiva a geração de apresentações hipermídia em sistemas de informação baseados na Web.

5. Considerações Finais

Para alcançar as metas definidas, alguns trabalhos já foram desenvolvidos:

- Desenvolvimento da ontologia sobre projetos de pesquisa [18];
- Personalização do Milestone Portalware para a ontologia desenvolvida;
- Desenvolvimento inicial deste trabalho e sua apresentação como pôster em dois workshops [34] [35];
- Co-orientação de dois alunos de mestrado que desenvolveram as ferramentas para a utilização dos dados anotados semanticamente.

Entre os trabalhos em andamento destacam-se:

- A implantação do Milestone Portalware personalizado para o Laboratório de Engenharia de Software e sua adaptação às necessidades específicas deste projeto que usa uma ontologia e não o modelo conceitual definido pela ferramenta;
- O aperfeiçoamento e a adaptação da ferramenta de anotação semântica desenvolvida em uma disciplina;
- O acompanhamento e comparação de trabalhos relacionados.

Entre os próximos passos deste trabalho estão: uma análise crítica das aplicações geradas; sua reimplementação em plataformas diferentes das já implementadas; elaboração de um método para sistematizar este tipo de desenvolvimento de aplicações baseados em ontologias; e a realização de mais estudos de caso.

Referências Bibliográficas

- [1] Sure, Y., Staab S. and Studer, R. 2003. On-To-Knowledge Methodology. In Staab, S. and Studer, R. Eds. Handbook on Ontologies. Series on Handbooks in Information Systems, Springer.
- [2] Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O. 2001. The Semantic Web. Scientific American, (May 2001).
- [3] Berners-Lee, T. 2002. Semantic Web Road map. Presentation available at <<http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>>
- [4] Fensel, D. Hendler, J., Lieberman, H., Whalster, W. 2003. Introduction. In Fensel, D. Hendler, J., Lieberman, H., Whalster, W. Eds. 2003. Spinning the Semantic Web: bringing the World Wide Web to its full potential. Cambridge, Mass: The Mit Press.

- [5] Gruber, T. R. 1993, A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, 5(2): 199-220, available at <ftp://ftp.ksl.stanford.edu/pub/KSL_Reports/KSL-92-71.ps.gz>
- [6] Neches, R., Fikes, R.E., et al., 1991, Enabling Technology for Knowledge Sharing, AI Magazine, 12(3), 36-56.
- [7] Guarino, N., 1995, Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation, Intl. J. Human-Computer Studies 43(2/3): 625-640.
- [8] Borst, W.N. 1997. Construction of Engineering Ontologies, Technical Report. University of Twente, Enschede, NL. Center for Telematica and Information Technology.
- [9] DAML+OIL (March 2001) Reference Description. World Wide Web Committee (W3C), available at <<http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>>
- [10] Smith, M. K., Welty, C., McGuinness, D. L., 2004, OWL Web Ontology Language Guide, W3C Recommendation 10 February 2004 available at <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>>
- [11] Bechhofer, S., Horrocks, I, Goble, C. & Stevens, R., 2001, OilEd: a Reason-able Ontology Editor for the Semantic Web, Proceedings of KI2001, Joint German/Austrian Conference on Artificial Intelligence, September 19-21, Vienna. Springer-Verlag LNAI Vol. 2174, pp 396-408.
- [12] Grosso, W.E., Eriksson, H., Ferguson, R.W., Gennari, S., Tu, S., Musen, M.A., 1999, Knowledge Modeling at the Millennium (The Design and Evolution of Protégé 2000), Stanford Medical Institute.
- [13] Staab, S., Maedche, A., 2000, Ontology engineering beyond the modeling of concepts and relations. In Proceedings of the ECAI-2000 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods. Berlin, August 21-22.
- [14] ONTOWEB GROUP, 2002. Deliverable 1.4: A survey on methodologies for developing, maintaining, evaluating and reengineering ontologies, available at <<http://www.ontoweb.org/download/deliverables/D1.4-v1.0.pdf>>
- [15] Brauner, D. F., Brandão, A. A. F., Cunha, L. M., Lucena, C. J. P., 2003. Um estudo de caso para Avaliação do Knowledge Unified Process para o Desenvolvimento de Ontologias, Monografias em Ciência da Computação nº 50/03, Departamento de Informática, PUC-Rio, 73 p.
- [16] Rossi, G., Schwabe, D. and Lyardet, F., 1999, Web Application Models Are More than Conceptual Models, In Proceedings of the ER'99, Paris, France, November 1999, Springer, 239-252.
- [17] Schwabe, D. and Rossi, G., 1998, An object-oriented approach to Web-based application design, Theory and Practice of Object Systems (TAPOS), October 1998, 207-225.
- [18] Cunha, L.M.; Brandão, A.A.F.; Orlean, D.; Albarello, A.B.; Schroeder, B.; Lucena, C.J.P.; Following Up a Case Study for the Semantic Web. Monografias em Ciência da Computação nº 32/03, Departamento de Informática, PUC-Rio, 7 p., 2003.
- [19] Plataforma Lattes. Currículo Lattes, available at <<http://lattes.cnpq.br/curriculo/>>
- [20] Projeto RPA@PUC (Rede de Perfis Acadêmicos da PUC-Rio). Available at <<http://www.ccpa.puc-rio.br/rpa@puc/>>
- [21] Workshop on Model Driven Architecture: Foundations and Application (MDAFA) 2003, CTIT Technical Report series nr. 03-27 (Eds: Rensink A.), CTIT, University of Twente, 2003, ISSN: 1381-3625, pp. 91-96
- [22] Model-Driven Architecture: Foundations and Applications 2004 (MDAFA 2004), (Eds: Assmann U.), Linkoping University, 2004, pp. 219-233.

- [23] Workshop on Ontologies to Complement Software Architectures - How to Use Ontologies and Modularization to Explicitly Describe the Concept Model of a Software Systems Architecture at OOPSLA 2003, Anaheim, CA, USA, October 26-30
- [24] Greenfield, J., Short, K., Cook, S., Kent, S., Software Factories: Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools, John Wiley & Sons, 2004, ISBN 0471202843.
- [25] Miller, J. and Mukerfi, J. 2003 MDA Guide Version 1.0. Object Management Group. Document Number: omg/2003-05-01.
- [26] Frankel, D. Model Driven Architecture: Applying MDA to Enterprise Computing, John Wiley & Sons, OMG Press, January, 2003.
- [27] Object Management Group, Meta-Object Facility (MOF™), version 1.4, available at <<http://www.omg.org/technology/documents/formal/mof.htm>>
- [28] Meyer, B., 1992, Applying Design by Contract, IEEE Computer, October 1992.
- [29] Eclipse Project. Available at <<http://www.eclipse.org/>>
- [30] Guarino, N.: Formal Ontology and Information System. Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15.
- [31] Frankel, D. S., Hayes, P., Kendall, E. F., McGuinness, D. L., A Model-Driven Semantic Web: Reinforcing Complementary Strengths, MDA Journal, Business Process Trends, July 2004, available at <http://www.bptrends.com/deliver_file.cfm?fileType=publication&fileName=07%2D04%2DCOL%20Semantic%20Webs%20%2D%20Frankel%20%2D%20et%20al%20Epdf> Lat visited: 10/08/2004
- [32] Gašević, D., Damjanovic, V., Devedžić, V. "Analysis of MDA Support for Ontological Engineering", In Proceedings of the 4th International Workshop on Computational Intelligence and Information Technologies, Nis, Serbia and Montenegro, 2003, pp. 55-58, available at <<http://cs.elfak.ni.ac.yu/ciit/w4/papers/11.pdf>>
- [33] Houben, G., Barna, P., Frasincar, F., Vdovjak, R. Hera: Development of Semantic Web Information Systems. ICWE 2003: 529-538
- [34] Cunha, L. M., Barbosa, S. D.J., Lucena, C. J. P. Leveraging the Construction of Semantic Web Applications Using the Model Driven Architecture. In Ashish, N; Globe, C.(eds). Semantic Web Technologies for Searching and Retrieving Scientific Data 2003. Proceedings of the Workshop at the 2nd International Semantic Web Conference - ISWC2003, CEUR Workshop Proceedings, ISSN 1613-0073, v. 83, pp. 1-3, Sanibel Island, Florida, USA, Outubro 20, 2003. Available at <www.CEUR-WS.org>
- [35] Cunha, L. M., Barbosa, S. D.J., Lucena, C. J. P. Leveraging the Construction of Semantic Web Applications Using the Model Driven Architecture. Poster presented in the " Workshop on Model Driven Architecture: Foundations and Applications", June 26-27, 2003, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2003.