

UM SISTEMA DE E-LEARNING PARA A WEB SEMÂNTICA BASEADO NA TECNOLOGIA DE AGENTES

Vitor Manuel Barrigão Gonçalves

*Escola Superior de Educação – Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Santa Apolónia, Apartado 1101, 5301-856 Bragança - Portugal
vg@ipb.pt*

Eurico Manuel Carrapatoso

*Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto / INESC Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto - Portugal
emc@fe.up.pt*

RESUMO

A Internet assume-se como um ambiente eficaz de distribuição de informação, de aprendizagem, de coordenação de pessoas e de colaboração e comunicação síncrona ou assíncrona, sem limitações de tempo ou distância.

À medida que a Web cresce, a descoberta e a recuperação de materiais educativos úteis torna-se cada vez mais problemática. Uma das possíveis soluções para a minimizar este problema passa pela criação de estruturas de metadados e ontologias para o e-Learning baseadas na Web Semântica que satisfaçam as necessidades dos professores e alunos, aquando da busca de informação, com vista a suportar processos de ensino, formação ou aprendizagem. Uma descrição consistente dos recursos de aprendizagem permitirá que o processo de pesquisa se torne mais específico e preciso, que a gestão seja mais simples e uniforme e que a partilha e intercâmbio seja verdadeiramente eficiente. Podemos, portanto, afirmar que a convergência entre as tecnologias de e-Learning e as tecnologias da Web Semântica (nomeadamente tecnologias de metadados, tecnologias de ontologias e tecnologias de agentes) impulsionará a migração dos sistemas de e-Learning para a visão da Web Semântica.

Face ao exposto, sugerimos uma arquitectura para um sistema de e-Learning para a Web Semântica baseado em agentes inteligentes móveis. O sistema proposto facilitará a gestão do conhecimento, garantirá pesquisas mais rápidas e precisas de objectos de aprendizagem e permitirá a apresentação automática e personalizada de cursos ou planos de formação de acordo com os requisitos dos utilizadores, recorrendo a agentes inteligentes e móveis, que migram de servidor em servidor à procura de objectos de aprendizagem descritos através de metadados, com base em ontologias e mecanismos de inferência.

PALAVRAS-CHAVE

Web Semântica, e-Learning, objectos de aprendizagem, metadados, ontologias, agentes de software.

1. INTRODUÇÃO

A Web foi criada com a visão de que seria um espaço onde a informação teria um significado bem definido, facilitando a cooperação e a comunicação entre as pessoas e os agentes de software [Berners-Lee et al. 2001]. Passada mais de uma década do seu lançamento, a Web continua organizada apenas na perspectiva dos humanos (linguagem natural e ênfase na apresentação), o que torna a busca de informação uma tarefa árdua, uma vez que as máquinas não a conseguem interpretar ou, simplesmente, não conseguem separar o trigo do joio. Para que a Web contemple a perspectiva das máquinas, há que encontrar soluções de estruturação, integração, intercâmbio e compreensão semântica da informação tanto na óptica dos humanos, como na óptica das máquinas através dos agentes de software. É neste contexto que surge a denominada Web Semântica (*Semantic Web*) [W3C 2001] como um cenário desejável para a Web.

A evolução da Web segundo esta visão poderá estimular a educação ou formação ao longo da vida, proclamada pela Sociedade da Informação em que vivemos, através do aparecimento de aplicações e

ambientes de aprendizagem caracterizados por permitirem pesquisas mais rápidas e precisas e a geração de planos de formação personalizados.

Sem descurar o processo de aprendizagem (como aprender) e os modelos de estruturação de conteúdos (como ensinar) e explorando as vantagens da Web Semântica no âmbito dos ambientes de aprendizagem, o presente artigo propõe uma arquitectura para um sistema de e-Learning para a Web Semântica baseado na tecnologia de agentes que permitirá, através de metadados, ontologias e regras de inferência, orientar agentes inteligentes e móveis na recuperação de conteúdos educativos em servidores remotos.

2. O E-LEARNING E A WEB SEMÂNTICA

O aparecimento da Internet e dos seus serviços estimulou uma mudança radical na sociedade em geral e na educação em particular. A primeira geração da Rede preocupou-se com a implementação da infra-estrutura tecnológica da Internet e dos serviços respectivos (o conteúdo era disponibilizado através de páginas estáticas), a segunda incidiu na construção de aplicações Web (o conteúdo passou também a ser disponibilizado através de páginas dinâmicas geradas a partir de base de dados) e, actualmente, a terceira avança rumo a uma Web mais inteligente – a Web Semântica. A ideia da Web Semântica pode resumir-se à seguinte questão: como fazer com que os computadores entendam o conteúdo da Web? O primeiro passo será organizar e estruturar as informações e o segundo será adicionar semântica às informações da Web, de tal forma que os agentes de software possam compreendê-las [Goñi et al. 2002].

A formação ao longo da vida assume-se como um mecanismo crítico de suporte à competitividade organizacional não só do ponto de vista da Educação Contínua, mas também do ponto de vista da nova Economia [Drucker 2000].

Genericamente, podemos identificar duas formas de auto-aprendizagem: a) através de conteúdos Web educativos dispersos disponibilizados gratuitamente por investigadores, professores, alunos e entidades do saber; b) através de conteúdos educativos organizados em cursos de e-Learning ou de outros ambientes de aprendizagem na Web.

As duas alternativas beneficiariam de uma visão segundo objectos de aprendizagem (*learning objects*), devidamente descritos através de metadados, com significado semanticamente explícito e baseado em ontologias, não só para permitirem procuras mais precisas desses objectos, mas também para favorecerem a sua combinação em planos de formação personalizados.

A Web Semântica abre um vasto conjunto de possibilidades para a descoberta e reutilização inteligentes de objectos de aprendizagem, através da partilha de ontologias. Assim, o desempenho dos agentes de software na descoberta e processamento de objectos da aprendizagem será bem mais fiável.

2.1 Tecnologias para o e-Learning

Um sistema de e-Learning representa um ambiente de aprendizagem, no qual a distribuição de conteúdos multimédia, a interacção social e o apoio na aprendizagem são suportados pela Internet ou por uma Intranet ou Extranet. Genericamente, o e-Learning preocupa-se, por um lado, com a comunicação entre o professor e o aluno (interacção social e intra-pessoal) e, por outro, com os conteúdos do curso (interacção com os recursos de aprendizagem). É esta última componente que interessa no âmbito deste texto.

Nesta última década têm vindo a surgir no mercado plataformas adequadas à criação de ambientes de aprendizagem hipermédia ou sistemas de e-Learning que integram tecnologias de comunicação que promovem a interacção síncrona e assíncrona, tecnologias Web que permite a distribuição dos conteúdos e a implementação de ambientes colaborativos (turmas virtuais) e ferramentas de autor para a criação de aplicações multimédia. Actualmente, as plataformas que mais se destacam são: *WebCT*; *Lotus*; *TopClass*; *Luvit*; *Blackboard*; *Virtual-U* e *Moodle*, para além de muitas outras plataformas ou sistemas genéricos de gestão de conteúdos na Web, tais como: *Zope* ou *Mambo*.

As tecnologias, por si só, não são suficientes para obter sistemas de e-Learning adequados às necessidades dos professores e alunos, pelo que o modelo pedagógico inerente à organização e estruturação dos conteúdos não deve ser descurado. Nesta perspectiva, a filosofia dos objectos de aprendizagem assume-se como a forma mais adequada de desenvolver conteúdos de e-Learning (conjuntos de normas IMS/LOM e SCORM) [IMS 2004] [Lima et al. 2003].

2.2 Tecnologias para a Web Semântica

Enquanto as páginas possuírem apenas informação léxica, os agentes de pesquisa, mesmo os mais avançados, encontram um ambiente hostil para a realização das suas tarefas, porque tanto o conteúdo das páginas como o relacionamento entre elas é difícil de ser compreendido pelas máquinas, uma vez que a linguagem HTML apenas descreve como uma página deve ser exibida (preocupação estética na apresentação da informação) e não oferece qualquer descrição acerca dos dados.

O primeiro passo para solucionar este problema passa pela utilização da tecnologia XML para descrever a estrutura do documento e não apenas a sua apresentação ou aparência (separação entre os rótulos de descrição e a apresentação do conteúdo). Para além de solucionar o problema da necessidade de uma sintaxe normalizada para o intercâmbio de informação, a XML permite a criação de uma estrutura arbitrária nos documentos, mas nada diz acerca do significado dessa estrutura. Esta tarefa é deixada para as tecnologias de metadados ou metalinguagens (RDF, DCMES, LOM, MPEG7) que permitem descrever a informação de forma não ambígua para depois ser processada pelas máquinas.

A Web Semântica necessita da flexibilidade da linguagem RDF, composta por três tipos de objectos – *resource* (recurso), *property* (propriedade) e *statement* (declaração, sentença, expressão ou afirmação), através dos quais é possível descrever o conteúdo da informação disseminada na rede, definindo recursos (um Website ou documento composto de várias páginas Web, uma página Web simples, parte de uma página Web ou objectos acerca de um conceito bem definido, devidamente identificados por URIs - *Uniform Resource Identifiers* - que possuem propriedades e valores). Uma declaração corresponde a um determinado recurso, suas propriedades e respectivos valores. Podemos resumir uma declaração como “o recurso (sujeito) possui a propriedade (predicado) com o valor (objecto). Por exemplo, a declaração <“http://www.vgportal.ipb.pt”, “autor”, “Vitor Gonçalves”> teria o significado: A página http://www.vgportal.ipb.pt (recurso) tem como autor (propriedade) Vitor Gonçalves (valor), tal como podemos observar no gráfico da figura 1.



Figura 1 – Gráfico de um Modelo de Dados RDF básico

Ou seja, um conjunto de descrições RDF descreve um recurso. Se aplicarmos a sintaxe RDF baseada em XML ao gráfico acima obtemos o seguinte código:

```
<?xml:namespace ns = http://www.w3.org/RDF/RDF/" prefix="rdf" ?>
<?xml:namespace ns = http://purl.oclc.org/DC/" prefix="dc" ?>
<rdf: RDF>
  <rdf: Description about="http://www.vgportal.ipb.pt">
    <dc:Creator>Vitor Gonçalves</dc:Creator>
  </rdf: Description>
</rdf: RDF>
```

Num diagrama de modelo de dados, um objecto pode corresponder a outro recurso identificado por um URI, uma string ou outro qualquer tipo de dados definido em XML. Por exemplo, se necessitarmos fornecer mais informação sobre o autor (e-mail e instituição), o valor “Vitor Gonçalves” teria que ser substituído por um recurso (identificado por um URI) com as propriedades (nome, e-mail e instituição).

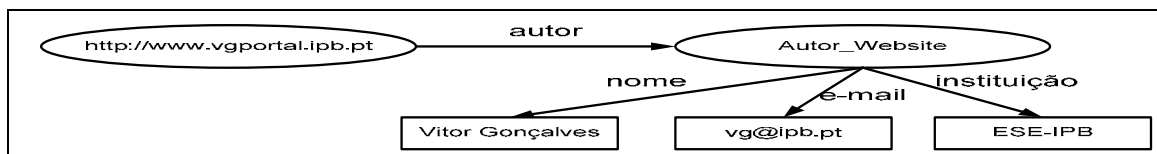


Figura 2 – Gráfico de um Modelo de Dados RDF

Contudo, os metadados, por si só, não permitem estabelecer relações entre os recursos. Se um agente de software, durante o processo de busca, encontrar dois documentos que usam URIs diferentes para o mesmo conceito, desorientar-se-á. Para resolver este problema recorreremos às ontologias (RDFS, OWL,

DAML+OIL). As ontologias mostram as relações entre os conceitos e fornecem o vocabulário e estruturas de dados compartilhadas, indispensáveis para a comunicação entre os agentes de software. Não obstante, para que os agentes possam raciocinar sobre as estruturas de dados, tirando partido das relações entre os objectos dessas estruturas esclarecidas através de ontologias, devem previamente ser definidas regras e mecanismos de inferência (RuleML e SWRL) [Thompson 2004] [Daconta et al. 2003] [LOMWG 2002] [W3C 2001].

As principais áreas de aplicação destas tecnologias são o comércio electrónico, a gestão do conhecimento, processamento de linguagens naturais e a recuperação da informação na Web, incluindo alguns projectos que têm vindo a surgir no campo da Educação (RichODL, SchoolOnto, SWENET, Edutella).

2.3 Tecnologias de Agentes

Os vários grupos de investigação em torno da visão da Web Semântica têm vindo a criar condições no sentido de construir os alicerces de um inovador espaço de informação. A Web Semântica assume-se então como uma rede de informação que tem como particularidade compreender os conteúdos e interrelacioná-los através de agentes inteligentes.

Com vista ao desenvolvimento de aplicações baseadas em agentes têm vindo a surgir diversas ferramentas para a construção de agentes inteligentes e infra-estruturas ou plataformas de agentes móveis, tanto fruto de projectos ou investigações científicas como de iniciativas de I&D comerciais: AgentBuilder, AgentSpace, AgentTcl ou D'Agents, Aglets ou ASDK, Ajanta, ARA, BEE-GENT, Concordia, Enago Mobile, JACK ou JDE, JADE, Mole, Plangent, TACOMA e Voyager, entre muitas outras.

Tomando como base a arquitectura proposta por Sycara (1999), podemos destacar três tipos de agentes: agentes de interface (recebem, modelam e utilizam as solicitações dos utilizadores, conduzindo a coordenação do sistema para a execução de tarefas); agentes de tarefa (suportam a tomada de decisão e realizam tarefas inerentes à pesquisa submetida, realizando consultas e trocas de informação com outros agentes) e agentes de informação (processam inteligente e eficientemente a recuperação da informação).

Os agentes devem ser capazes de analisar o ambiente em que se inserem e reagir ou responder às alterações ocorridas neste, segundo uma base de conhecimento, isto é, seguindo um conjunto de regras previamente definidas ou entretanto apreendidas, com o intuito de comunicar com o utilizador ou interagir com outros agentes. As ontologias e as regras de inferência podem constituir a base de conhecimento indispensável à actuação dos agentes de software. Por conseguinte, a visão da Web Semântica traduzirá os conteúdos Web numa estrutura com significado e definirá a forma de lidar com essa estrutura, criando um ambiente propício para os agentes de software. Ora, se os agentes de tarefas possuem mobilidade suficiente para migrarem de um ambiente de aprendizagem para outro, então poderemos utilizá-los na construção de um mecanismo de busca para objectos de aprendizagem baseado em metadados e ontologias, com vista a facilitar o acesso, descrição, localização e reutilização do conteúdo educativo, para além de reduzir o tráfego de dados na rede e aumentar o *throughput*.

3. ARQUITECTURA DE UM SISTEMA PARA A WEB SEMÂNTICA

Esta secção tem por objectivo propor uma arquitectura baseada num sistema multiagente de agentes inteligentes e móveis e nas tecnologias da Web Semântica onde, através de ontologias (*Learning Object Ontologies*) será possível localizar e recuperar conteúdos educativos a partir de servidores que favoreçam a busca de informação por parte dos agentes. Para tal, a informação desses servidores deverá estar organizada na perspectiva de objectos de aprendizagem (IMS/SCORM). Para facilitar a pesquisa desses objectos de aprendizagem, os mesmos devem previamente ser descritos através de metadados (RDF/LOM/MPEG7) e o seu significado representado formalmente em ontologias. Portanto, aplicar metadados e ontologias segundo a filosofia da Web Semântica aos sistemas de e-Learning permitirá a pesquisa de conteúdos educativos e, consequentemente, a sua reutilização independentemente da hierarquia existente entre eles, com vista à personalização dos serviços de ensino/aprendizagem apontando para a satisfação das necessidades dos alunos e professores enquanto utilizadores do sistema.

Podemos resumir os passos para a realização da pesquisa de objectos de aprendizagem da seguinte forma:

- 1) Formador e formando interagem com o sistema através de uma interface gráfica (e de preferência em linguagem natural) denominada Agente de Interface. Através desta interface submetem uma pesquisa sobre

conteúdo educativo que desejam localizar nos servidores dos sistemas de e-Learning ou noutros servidores que disponibilizem objectos de aprendizagem. Em primeira instância, a procura de informação inicia-se através dos agentes de interface com base em ontologias OWL inerentes à área do conhecimento em questão;

2) O Agente de Interface informa o Servidor de Agentes da necessidade de realizar uma tarefa: procurar informação de carácter educativo (ou mais concretamente objectos de aprendizagem);

3) De acordo com a tarefa requisitada (pesquisa de informação educativa), o Servidor de Agentes cria e envia para a rede um agente orientado à realização dessa tarefa (Agente de Pesquisa);

4) Com base num itinerário previamente estabelecido, o Agente de Pesquisa migra para o servidor de um sistema de e-Learning, de um servidor Web ou de outro qualquer servidor que recorra ou não a bases de dados para armazenar conteúdos educativos;

5) Não sendo especialista na comunicação com as bases de dados, o Agente de Pesquisa móvel requisita essa funcionalidade ao Agente de Informação específico do servidor remoto;

6) O Agente de Informação efectua a pesquisa a fim de localizar e recuperar os objectos de aprendizagem solicitados pelo Agente de Pesquisa, recorrendo aos metadados (XML/RDF/LOM/MPEG7), às páginas Web anotadas e às ontologias disponíveis de acordo com as regras de inferência previamente estabelecidas;

7) Enquanto o Agente de Informação realiza a sua tarefa, o Agente de Pesquisa segue o seu itinerário, migrando para outro servidor Web ou servidor de base de dados;

8) Caso existam objectos de aprendizagem, o Agente de Informação devolve directamente o resultado ao Servidor de Agentes (lista de objectos de aprendizagem e respectivos links);

9) Após cumprido o itinerário, o Agente de Pesquisa informa o Servidor de Agentes do seu regresso, para que este proceda à sua destruição.

A figura 3 ilustra sucintamente uma arquitectura para um sistema que permita a localização de conteúdos educativos e eventual reutilização na geração automática de planos de formação.

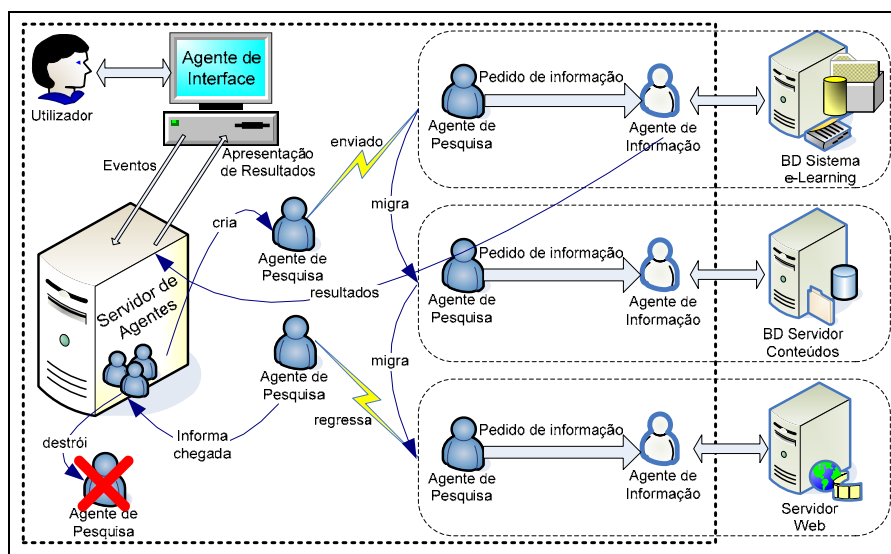


Figura 3 - Arquitectura Genérica de um Sistema de e-Learning para a Web Semântica

Em suma, este sistema pode comportar-se como um sistema de e-Learning suportado essencialmente por agentes que disponibilizam informação ou geram planos de formação à medida do utilizador, auto-alimentando-se com conteúdos de qualidade dispersos na Web ou distribuídos em servidores de e-Learning que permitem a descoberta e recuperação por parte do sistema proposto.

A actividade de desenvolvimento deste sistema tem vindo a ser orientada pela metodologia híbrida modular (*modular methodology*) uma vez que esta metodologia de engenharia de software orientada por agentes permite seguir diversas metodologias consoante o subsistema que pretendemos modelar e especificar.

Quanto à construção do sistema multiagente, a plataforma mais indicada para a implementação da tecnologia de agentes inteligentes móveis inerentes a esta situação concreta é a plataforma Java Voyager, devido essencialmente a características, tais como: flexibilidade da arquitectura em camadas, portabilidade, interoperabilidade, segurança, confiabilidade e escalabilidade.

Para a apresentação da informação inerente à busca de objectos de aprendizagem ou à geração automática de um plano de formação recorrer-se-á à construção de interfaces modelo baseadas em XML que se adequarão de acordo com os requisitos do utilizador e com os dados recuperados.

Quanto à construção dos sistemas de e-Learning para testar a funcionalidade do sistema proposto recorreu-se à plataforma Moodle não só por se tratar de *open source* o que a torna interessante para instituições de ensino/formação que não pretendem adoptar uma filosofia comercial na disponibilização de conteúdos educativos, mas também porque nos parece a mais acessível para aplicar as tecnologias da Web Semântica aos conteúdos a disponibilizar. Pelas mesmas razões, foi construído um Website ou Portal de conteúdos educativos baseado na plataforma Mambo para suportar a publicação dos conteúdos educativos (VGPortal – <http://www.vgportal.ipb.pt>).

4. CONCLUSÃO

Actualmente, poucos são aqueles que têm consciência de que o futuro passa pela Web Semântica. Com esta visão, o modo de lidar com a informação, de obter dados e de os relacionar na rede mudará. Contudo, muito há ainda a fazer. Por um lado, enquanto não houver um verdadeiro interesse comercial esta iniciativa não passará disso mesmo, nunca chegará a ser a realidade que aparentemente todos desejamos. Por outro, quando os menos atentos passarem a trabalhar com um computador capaz de entender o que necessitam, capaz de encontrar na Web aquela informação que tanto desejam e capaz de aprender com eles tornando-se num verdadeiro parceiro do processo de aprendizagem, então sim reconhecerão todo o trabalho que está a ser levado a cabo. Não obstante, o objectivo principal da Web semântica não é, pelo menos para já, treinar as máquinas para que se comportem como pessoas, mas sim desenvolver tecnologias e linguagens que tornem a informação legível para as máquinas. A finalidade passa pelo desenvolvimento de um modelo tecnológico que permita a partilha global de conhecimento assistido por máquinas [W3C 2001].

Este artigo teve como objectivo dar mais um passo rumo a uma Web mais educativa, propondo a integração das tecnologias para o e-Learning (normas de metadados acreditadas para as plataformas de aprendizagem: IMS/SCORM/IEEE LOM) com as tecnologias para a Web Semântica (normas recomendadas para o desenvolvimento de aplicações legíveis para os agentes de software: XML/RDF(S)/OWL).

Em suma, com a representação e estruturação dos dados em XML, a representação do significado desses dados em metadados RDF/LOM e a representação formal comumente aceite sobre o que significam esses dados em ontologias OWL, estão criadas as condições para que os agentes de software possam raciocinar sobre dados com significado bem definido de acordo com regras e mecanismos de inferência (SWML). Se os ambientes de aprendizagem, sistemas de e-Learning e outros sistemas de gestão de conteúdos educativos migrarem em conformidade com estas condições, o “sistema de e-Learning para a Web Semântica baseado na tecnologia de agentes” proposto permitirá uma recuperação mais precisa dos objectos de aprendizagem e, conseqüentemente, a geração automática de planos de formação de acordo com o perfil do utilizador.

REFERÊNCIAS

- Berners-Lee, T. et al, 2001. The semantic web. *In Scientific American*.
- Daconta, M. et al, 2003. *The Semantic Web - A guide to the future of XML, Web Services and Knowledge Management*. Wiley Publishing, Inc, Indianapolis, USA.
- Drucker, P., 2000. *Need to Know: Integrating e-Learning with High Velocity Value Chains*, Delphi Group White Paper.
- Goñi, J. et al, 2002. E-learning e a Web Semântica, *VI Congresso da RIBIE*, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil.
- IMS, 2004. Instructional Management Systems Project Learning Resource Metadata Specification. *In IMS Global Learning Consortium*, <http://www.imsglobal.org/specifications.html>.
- LOMWG, 2002. Standard for Learning Object Metadata. *In IEEE-LTSC Committee*, <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>.
- Sycara, K., 1999. *In-Context Information Management through Adaptive Collaboration of Intelligent Agents*. In: KLUSCH, M., *Intelligent Information Agents*, Springer-Verlag.
- Thompson, J., 2004. Features: Semantic Web – Straight Talking. *In PC Pro Computing in the Real World*, pp 150-154.
- W3C, 2001. Semantic Web. *In WWW Consortium*, <http://www.w3.org/2001/sw/>.