

Uma Estrutura Baseada em Agentes Inteligentes para Determinação de uma Seqüência de Estudos

Fabiano Fagundes, Ary Henrique M. de Oliveira

Curso de Sistemas de Informação
Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)
Caixa Postal 160 – 77.054-970 – Palmas – TO – Brazil

{fagundes, ary}@ulbra-to.br

Abstract. *This paper presents an agent-based structure to define study sequences in academic environment. The structure is based on intelligent agents characteristics and properties of the KQML agent communication language, proposing a model to be implemented using IA techniques.*

Resumo. *Este artigo apresenta a proposta de uma estrutura baseada em agentes inteligentes para a definição de uma seqüência de estudo em um ambiente de ensino. A estrutura baseia-se nas características de agentes inteligentes e nas propriedades da linguagem de comunicação de agentes KQML, propondo um modelo a ser implementado de acordo com as técnicas de Inteligência Artificial.*

1. Introdução

Um dos pontos fortes de um sistema voltado para o ensino de uma determinada disciplina está no estabelecimento de uma relação entre os usuários do mesmo, permitindo que os mesmos interajam entre si e com o sistema, no processo de construção do conhecimento. O desenvolvimento de sistemas inteligentes para o auxílio do usuário no aprendizado de uma determinada disciplina ou tema vem sendo motivo para inúmeras discussões na área de educação e informática (Seu, 1992) (Ram, 1994) (Brusilovsky, 1997) (Ferguson, 1998) (Roda, 2000). A seqüência de informações que cada aluno deve seguir é um importante ponto para dotar um sistema com habilidades semelhantes a de um professor, pois é a partir desta seqüência que o usuário vai ter a noção da evolução do seu aprendizado.

Tomando por base a proposta de um sistema que siga a idéia de utilização concorrente por vários usuários, pode-se definir uma estrutura de estudo em que os alunos sejam chamados a um trabalho colaborativo (Twidale, 1995). Outra alternativa é, pela verificação de como o sistema está sendo utilizado, e dos resultados obtidos através de sua utilização, estabelecer seqüências de estudo que acompanhem o ritmo de seus usuários.

Buscou-se, com o desenvolvimento deste trabalho, estudar as características de agentes inteligentes, através da definição de seus elementos básicos e de sua utilização na estruturação de uma ferramenta de auxílio ao aprendizado. As próximas seções apresentarão os conceitos de agentes inteligentes, suas características e elementos, descrevendo sucintamente a linguagem KQML, sobre a qual estão sendo estruturados os

elementos deste trabalho, e por fim a estrutura de agentes definida para se trabalhar a apresentação de uma sequência de estudos ao aluno.

2. Agentes

A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) é uma subárea da Inteligência Artificial (IA), que une as técnicas e ferramentas tradicionais de IA com as características de comunicação dos sistemas distribuídos. É concebida como sistemas compostos de várias entidades independentes que interagem em um domínio (Stone, 1997).

Uma das tecnologias desenvolvidas na IAD diz respeito aos processos de comunicação entre diferentes sistemas buscando responder a determinados problemas através de um comportamento inteligente. Estas tecnologias, denominadas agentes (Stone, 1997), realizam processos de aquisição de conhecimentos, de comunicação e transmissão dos mesmos, esboçando reações próprias de acordo com suas características. A próxima seção apresenta uma definição de agentes baseada em diferentes definições encontradas na literatura, bem como descreve algumas características dos mesmos e uma arquitetura genérica.

2.1. Definições de Agentes

(Russel & Norvig, 1995) apresentam que “um agente é qualquer coisa que pode ser vista percebendo um ambiente por meio de sensores e atuando no mesmo através de atuadores”. Outra definição (Maes, 1998) descreve que “agentes são sistemas computacionais que habitam um ambiente complexo e dinâmico, sensoreiam e atuam autonomamente sobre este ambiente, realizando desta maneira uma série de metas e tarefas as quais foram projetados”.

Um conceito baseado nas funções dos agentes descreve que “Agentes Inteligentes realizam continuamente três funções: percepção das condições dinâmicas de um ambiente, ação de modo a afetar as condições do ambiente e raciocínio para interpretar percepções, realizar inferências e determinar ações” (Hayes-Rot, 1998)

Pode-se notar algumas características em comum entre estas definições. Buscando uma definição genérica, pode-se dizer que agentes são entidades autônomas que são especialistas na execução de uma determinada tarefa, tendo a capacidade de perceber o ambiente em que atuam, tomar decisões sobre informações obtidas deste ambiente e executam alguma tarefa (ação) como resultado.

Os agentes devem ter algumas propriedades que os caracterizam, isto é, os diferenciam de programas normais. (Tavares, 1999) reúne as propriedades: autonomia, habilidade social, reatividade, pro-ativismo, cooperação, aprendizagem, mobilidade, benevolência, racionalidade e continuidade temporal. (Tavares, 1999) apresenta um modelo genérico utilizado para construção de agentes (Figura 1). Através deste modelo pode-se verificar quais os módulos utilizados na implementação de agentes, observando a decomposição dos módulos e a interação que ocorre entre eles.

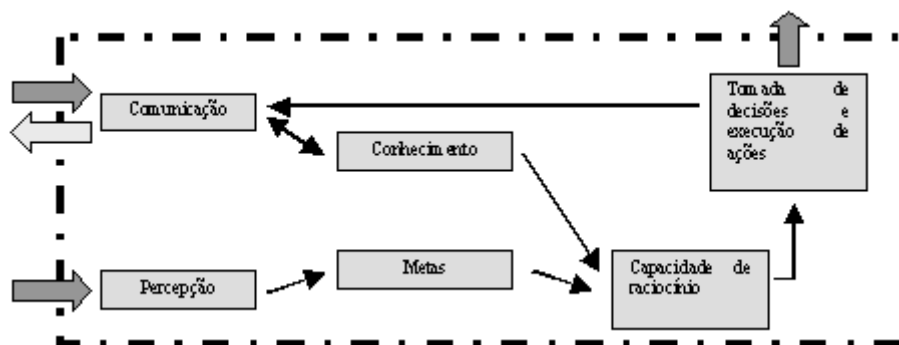


Figura 1. Modelo Genérico de Agente

O modelo é tomado como base para a estruturação do conjunto de agentes desenvolvido neste trabalho. Para que ocorra a interação e comunicação entre os agentes utilizam-se linguagens de comunicação entre agentes, sendo definida para este trabalho a linguagem KQML, apresentada na próxima seção.

3. Knowledge Query Manipulation Language

A *Knowledge Query Manipulation Language* (KQML - Linguagem de Consulta e Manipulação do Conhecimento) é uma linguagem e protocolo de comunicação, de alto nível, para troca de mensagens independentemente da sintaxe do conteúdo destas mensagens (Finin, 1994). O KQML é independente do mecanismo de transporte (protocolos), da linguagem de conteúdo (Prolog, Lisp, SQL e etc...), e da ontologia assumida pelo conteúdo.

A linguagem KQML pode ser dividida em três camadas (Hübner, 1998):

Camada de conteúdo: possui a mensagem e pode ter no seu conteúdo qualquer representação de linguagem;

Camada de mensagens: é usada para codificar a mensagem a ser transmitida (de uma aplicação para outra). A função primária desta camada é identificar o protocolo usado para transmitir a mensagem e a performativa que o transmissor anexa ao conteúdo (linguagens, ontologia e tipos de atos de fala). A performativa pode ser uma declaração, uma consulta ou um comando;

Camada de comunicação: codifica um conjunto de características para aceitar parâmetros de alto nível, tais como a identidade de quem envia e recebe a mensagem e também um identificador único associado com a mensagem.

3.2. Semântica das mensagens KQML

KQML é baseado na teoria dos atos de fala; a linguagem é formada por um conjunto de performativas que determinam interações entre agentes (Finin, 1994), sendo uma performativa a expressão da intenção do agente.

Agentes implementados utilizando KQML podem utilizar-se de algumas performativas básicas. Estas performativas são as ações que serão executadas pelo agente no processo de comunicação com outro agente ou com o sistema, de forma geral. Um agente KQML pode manipular uma ou mais performativas. Algumas performativas KQML são apresentadas na Tabela 1 (Finin, 1994).

Tabela 1. Categorias básicas de performativas KQML

| Categorias Básicas | Performativas |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Serviços básicos de informação | <i>tell, deny, achieve, cancel, untell, unachieved, ...</i> |
| Consultas básicas | <i>ask-if, ask-one, ask-all, reply, ask-about, ...</i> |
| Banco de dados | <i>insert, delete, delete-one, delete-all, ...</i> |
| Respostas básicas | <i>error, sorry, reply, ...</i> |
| Múltiplas respostas para consultas | <i>stream-about, stream-all, eos, ...</i> |
| Geradoras | <i>standby, ready, next, rest, discard, generator, ...</i> |
| Capacidade de notificação | <i>advertise, subscribe, monitor, import, export, ...</i> |
| Rede | <i>register, unregister, forward, broadcast, route, ...</i> |

O formato básico de uma expressão KQML, que define as ações do agente, é apresentado na Figura 2. Uma expressão KQML inclui, além da primitiva que representa a performativa pretendida, uma lista de pares atributo-valor.

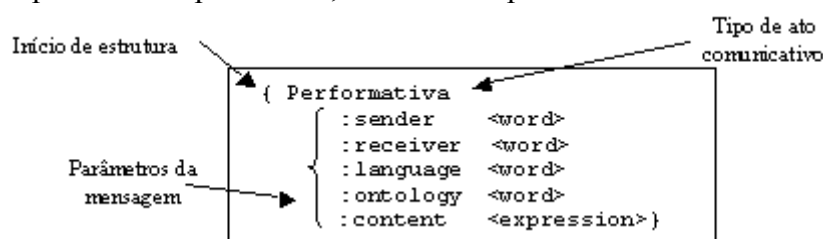


Figura 2. Formato de mensagens KQML

Os atributos são identificados abaixo (Valente, 2000):

- :language <linguagem> indica a linguagem na qual está expresso o conteúdo da comunicação;
- :content <conteúdo> o conteúdo da mensagem;
- :ontology <ontologia> indica o tipo de ontologia partilhada que os agentes destinatários devem usar, para interpretarem a mensagem;
- :sender <agente> identifica o agente que enviou a mensagem;
- :receiver <agente> agente para o qual se destina a mensagem.

Um exemplo de uma expressão KQML com as definições da ação de um agente é apresentado na Figura 3 (Vieira, 2000).

```

(ask-one
 :sender joe
 :content (PRICE IBM ?price)
 :receiver stock-server
 :language LPROLOG
 :ontology NYSE-TICKS)

```

Figura 3. Exemplo de uma mensagem KQML

O agente *joe* faz a requisição de (*PRICE IBM ?price*) ao *stock-server*. A requisição está escrita na linguagem *LPROLOG* e segue a ontologia de comunicação (ou o acordo de sintaxe) *NYSE-TICKS*.

A proposta aqui descrita é de desenvolvimento de uma base de conhecimento que possa ser utilizada pelos agentes, através da interação com a linguagem KQML, para o auxílio ao processo de tomada de decisão de que caminho deve ser seguido por um aluno no decorrer de seu processo ensino-aprendizagem.

4. Agentes no estabelecimento de uma seqüência de estudos

O sistema trabalhado é um documento hipermídia contendo o conteúdo da disciplina de Estruturas de Dados, com disponibilização do mesmo através de textos, animações e links entre as diferentes partes do documento. Sobre este sistema atuarão diferentes agentes que oferecerão ao aluno uma estratégia de aprendizado baseada em uma seqüência de estudos através do hiperdocumento.

O principal objetivo do projeto em andamento é verificar a possibilidade de utilizar a comunicação entre agentes inteligentes no sentido de acompanhar o processo de aprendizado de um aluno. Com este direcionamento estruturou-se o esquema da Figura 4, que apresenta os agentes propostos para o sistema e as estratégias de interação entre os mesmos.

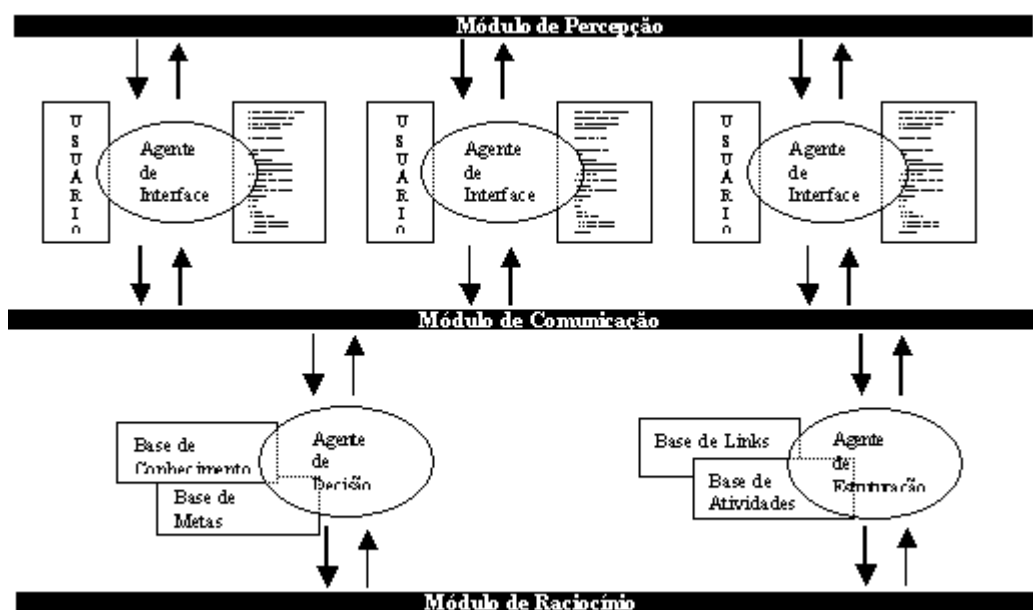


Figura 4. Os agentes propostos para o sistema

Agente de Interface: responsável por realizar a interação do sistema com o usuário, no caso o aluno, observando (percebendo) as ações e reações do usuário sobre o sistema. É também responsável pela apresentação das informações, de acordo com as definições a ele repassadas pelo Agente de Estruturação. As informações obtidas são enviadas ao Agente de Decisão, que pondera as informações obtidas e as envia, devidamente quantificadas e qualificadas, às Base de Conhecimento e Base de Metas. Há um agente de interface ativo para cada sessão de utilização do sistema.

Agente de Estruturação: responsável pela estruturação da seqüência de estudos a ser realizada pelo aluno. Utiliza-se das decisões tomadas pelo Agente de Decisão para buscar, na Base de Links e na Base de Atividades, os elementos que comporão o hiperdocumento que será apresentado ao aluno na etapa seguinte de seu aprendizado. A

decisão sobre a estruturação do hiperdocumento é enviada ao Agente de Interface para que este realize a devida apresentação do mesmo.

Agente de Decisão: baseado nas informações recebidas do Agente de Interface, é responsável por definir que dados serão utilizados para obter conhecimento sobre a utilização do sistema, ou mesmo sobre o perfil de seus usuários. Também é responsável por, através da Base de Metas, definir o que deverá ser apresentado ao usuário, repassando esta informação ao Agente de Estruturação.

4.1. Definição dos elementos

Os elementos da estrutura apresentada são descritos a seguir, tendo-se como princípio básico que a linguagem utilizada para armazenamento das informações é o PROLOG. Utilizou-se esta linguagem tomando como base que, em uma etapa futura do projeto, serão trabalhadas técnicas de Inteligência Artificial no processo de tomada de decisão que poderão se utilizar das características da Programação Lógica (Palazzo, 1997):

- funcionam simultaneamente como linguagem de programação e de especificação;
- possuem capacidade dedutiva;
- operam de forma não-determinística;
- permitem a representação de relações reversíveis;
- permitem interpretação declarativa, procedimental e operacional;
- são naturalmente recursivos.

Outro ponto importante está na fácil interação verificada entre o KQML e o PROLOG, especialmente quanto à estruturação das mensagens enviadas (formato simples). Assim, definiram-se os seguintes elementos:

Base de Metas: conjunto de predicados pré-definidos que apresentam as metas que deverão ser atingidas pelos alunos em seu estudo através do sistema. O conjunto de metas pode ser modificado baseado no aprendizado que o sistema venha a obter sobre as características de seus usuários e sobre como está sendo a sua interação com o mesmo.

Base de Conhecimento: conjunto de predicados que será constantemente atualizado tendo como base a interação do usuário com o sistemas, suas reações ao que o sistema apresenta, as características comuns a grupos de usuários, entre outras informações. A busca, através de chamadas aos predicados, nesta base e na Base de Conhecimento oferece os requisitos para que o Agente de Decisão realize o seu processo de tomada de decisão.

Base de Links: apontamento para páginas com conteúdo da disciplina. Estas páginas podem conter texto, animações, exemplos, entre outros elementos que ofereçam um acréscimo no conhecimento do aluno que está utilizando o sistema como auxílio ao seu aprendizado. Esta base é composta de predicados que indicam o que representam os links e a sua localização física para acesso pelo sistema.

Base de Atividades: conjunto de atividades a serem realizadas pelos alunos. Da mesma forma que a Base de Links, é composta de predicados que os representam. O Agente de

Estruturação utiliza-se das informações contidas nestas bases para definir o que deverá ser apresentado ao usuário numa etapa posterior de estudo.

Módulo de Percepção: responsável por captar as ações do usuário que se façam necessárias para futuras tomadas de decisão. Parte do sistema encarregada de obter as respostas do usuário a possíveis requisições do sistema bem como gravar informações como número de cliques, tempo de utilização, entre outras. Interage com o Agente de Interface.

Módulo de Raciocínio: trabalha o processamento do conjunto de informações obtido das bases de links, de atividades, de metas e de conhecimento, oferecendo o meio ao qual poderão ser enviadas determinadas requisições de respostas. Ainda em fase de construção, utilizar-se-á de alguma técnica de Inteligência Artificial para realizar o devido processamento do grande conjunto de informações trabalhado.

Módulo de Comunicação: diretamente relacionado a utilização da linguagem KQML, realiza a interação entre os agentes, de modo a permitir que informações obtidas pelo Agente de Interface cheguem até as Bases de Conhecimento, através do Agente de Raciocínio, por exemplo. Todas as etapas do processo de comunicação entre os agentes são baseadas na linguagem KQML, sobre a qual este módulo está estruturado.

5. Considerações Finais

Uma das principais etapas no desenvolvimento de sistemas que visem apoiar o aluno no seu aprendizado sobre um determinado assunto está na possibilidade de orientá-lo sobre o caminho a seguir em seus estudos. Esta orientação, para ser realizada de forma automática pelo sistema, envolve o acompanhamento, de parte do mesmo, de inúmeras variáveis, como a participação do aluno em atividades disponibilizadas; a sua ação sobre o sistema ou mesmo suas reações ao que lhe é apresentado; a comparação de informações sobre diferentes usuários que tenham, ou estejam, utilizando o sistema, entre outros dados.

A forma proposta neste artigo para se atingir este objetivo é basear-se em uma estrutura que se utiliza de agentes inteligentes e sua capacidade de cooperação para poder propor de uma forma personalizada uma sequência de estudos. A estrutura, em fase de implementação, utiliza-se dos recursos da linguagem KQML e da estruturação das informações em predicados, para realizar esta tarefa. A implementação de cada um dos módulos, e a proposta de reestruturação em tempo real de cada uma das bases de acordo com o que o próprio sistema está aprendendo sobre sua utilização, são objeto de estudo e continuidade deste trabalho.

6. Referências Bibliográficas

- (Brusilovsky, 1997) Brusilovsky, P., Schwarz, E. User as Student: Towards an Adaptive Interface for Advanced Web-Based Applications. In. Anthony Jameson, Cécile Paris, and Carlo Tasso (Eds.), User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97. Vienna, New York: 1997.
- (Ferguson, 1998) Ferguson, G., Allen, J. F. TRIPS: An Integrated Intelligent Problem-Solving Assistant.

- (Finin, 1994) Finin, T., McKay, D., Fritzson, R., McEntire, R. KQML: An Information and Knowledge Exchange Protocol, in: Fuchi, K. and Yokoi T. (Ed.), Knowledge Building and Knowledge Sharing, Ohmsha and IOS Press, 1994. Disponível em: <http://www.cs.umbc.edu/kqml/papers/>.
- (Hübner, 1998) Hübner, J. F., Coelho, A. R. Avaliação da comunicação entre agentes utilizando KQML. In: Seminário de Computação, 7, 1998, Blumenau. Anais... Blumenau: FURB/DSC, 1998. Disponível em <http://www.inf.furb.br/~jomi/publicacoes/1998/seminco/kqml/artigo.html>.
- (Palazzo, 1997) Palazzo, L. A. M. Introdução à Programação PROLOG. Pelotas: EDUCAT, Editora da Universidade Católica de Pelotas, 1997.
- (Picard, 1997) Picard, R. W. Affective Computing. MIT Press, 1997.
- (Ram, 1994) Ram, A., Leake, D. A framework for goal-driven learning. In. Proceedings of the 1994 AAAI Spring Symposium on Goal-Driven Learning, pp.1-11, 1994.
- (Roda, 2000) A multi-agent system for advising and monitoring students navigating instructional Web sites. in Proc. 4th World Multiconference on Systemic, Cybernetics and Informatics (SCI 2000) and 6th International Conference of Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS 2000) - Special session on Cooperative and Distant learning. July 2000, Orlando Florida Vol.1 pp.505-509
- (Russell & Norvig, 1995), Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice-Hall, 1995.
- (Seu, 1992) Seu, J. The Development of an Input Understander for an Intelligent Tutoring System Based on a Sublanguage Study, Ph.D. Dissertation, Illinois Institute of Technology, 1992.
- (Stone, 2000) Stone, P., Veloso, M. Multiagent Systems: A Survey from a Machine Learning Perspective. Autonomous Robotics, v. 8, n. 3. July, 2000.
- (Tavares, 1999) Tavares, J. M. Comunicação entre agentes inteligentes. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 1999.
- (Twidale, 1995) Twidale, M., Nichols, D., Smith G., Trevor, J. Supporting Collaborative Learning during Information Searching. Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL 95), Bloomington, Indiana, pp. 367-74
- (Valente, 2000) Valente, C. T. M. SMAPI: Sistema Multi-agente de Pesquisa Inteligente. Dissertação (Mestrado). Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. Porto, 2000.
- (Vieira, 2000) Vieira, R. G. S. Construção de uma Interface KQML em SMALLTALK. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação. Florianópolis, 2000.
- (Wells, 1998) Wells, G. Dialogue and the Development of the Agentive Individual: An Educational Perspective. In: Fourth Congress of the International Society for Cultural Research and Activity Theory. Proceedings of The Fourth Congress of the International Society for Cultural Research and Activity Theory. 1998.