

# Development of a communication mechanism between Pedagogical Agents in a Virtual Learning Environment

Desenvolvimento de um Mecanismo de Comunicação entre Agentes Pedagógicos em um Ambiente Virtual de Aprendizagem

A Geovane Griesang, Rejane Frozza, Rolf Fredi Molz,  
Gilberto Dessbesell Jr  
Programa de Pós Graduação em Sistemas e Processos  
Industriais  
Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) – RS – Brasil  
{geovanegriesang,frozza,rolf}@unisc.br,  
gjunior@mx2.unisc.br

Rafael Peiter  
Departamento de Informática  
Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) – RS – Brasil  
rafapeiter@gmail.com

**Abstract**—The Intelligent Tutoring System (ITS) developed by a research group linked to the Department of Informatics UNISC (University of Santa Cruz do Sul) was no interaction between the tutor and companion pedagogical agents. Thus, the ITS was used as a basis in developing an interactive mechanism to coordinate communication of agents. For this, a protocol of interaction was modeled based on FIPA foundation. In addition, a facilitator and a variation of the method of roulette been developed to choose the agent that must interact with the student. Interaction scenarios were applied to homologate the engine.

**Keywords**—teaching-learning process, intelligent tutoring systems, virtual learning systems, communication mechanism among pedagogical agents.

**Resumo**—O Sistema Tutor Inteligente (STI) desenvolvido por um grupo de pesquisa vinculado ao Departamento de Informática da UNISC (Universidade de Santa Cruz do Sul) não tratava a interação entre os agentes pedagógicos tutor e companheiro. Assim, esse STI foi usado como base no desenvolvimento de um mecanismo de interação para coordenar a comunicação dos agentes. Para isto, um protocolo de interação foi modelado baseado na fundamentação FIPA. Além disso, um agente facilitador e uma variação do método da roleta foram desenvolvidos para eleger o agente que deve interagir com o estudante. Cenários de interação foram aplicados para homologar o mecanismo.

**Palavras-chave**— processo de ensino-aprendizagem, sistemas tutores inteligentes, sistemas virtuais de aprendizagem, mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos.

## I. INTRODUÇÃO

A utilização de computadores em sala de aula tem contribuído para maior motivação dos estudantes em seu processo de aprendizagem, pois oferece mais diversidade na maneira com que o estudante desenvolve o conhecimento. O uso desses equipamentos na educação permite que novos programas educacionais sejam inseridos nos ambientes de ensino-aprendizagem, condizentes às expectativas dos

estudantes atuais [1]. De modo geral, os chamados Sistemas Tutores Inteligentes (STI) podem ser definidos como sistemas educacionais que usam de técnicas de Inteligência Artificial (IA) para auxiliar os estudantes durante o seu processo de aprendizagem [2].

Entretanto, os agentes são considerados pedagógicos quando estão inseridos em sistemas que fazem uso do paradigma de agentes desenvolvidos com a finalidade de educar, possuindo como objetivo fundamental auxiliar os estudantes em seu processo de ensino-aprendizagem [3]. Portanto, os Sistemas Multiagentes (SMA) são *softwares* computacionais com vários agentes interagindo uns com os outros, como em uma sociedade de agentes. Entretanto, cada agente visa satisfazer suas próprias metas para que um objetivo maior e em comum possa ser atingido [4].

Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos de um STI, com a finalidade de permitir a interação entre eles. Para isto, o STI desenvolvido no Departamento de Informática da UNISC (projeto de estudantes e professores) foi utilizado para a validação da proposta. O mecanismo de comunicação procurou atender as necessidades do STI em questão, uma vez que esse sistema está em frequente estudo [5].

O artigo está organizado nas seguintes seções: a seção II aborda o STI usado como base para o desenvolvimento do mecanismo de comunicação; a seção III descreve alguns trabalhos relacionados; a seção IV apresenta as características do mecanismo desenvolvido; a seção V apresenta a conclusão.

## II. STI BASE DESENVOLVIDO NA UNISC

Os agentes pedagógicos inseridos no software educacional são os agentes tutor (Dóris) e companheiro (Dimi), onde o agente tutor possui função parecida a de um professor, com capacidade de identificar características relativas à aprendizagem do estudante. Entretanto, o agente companheiro possui a função de atuar no ambiente como parceiro do estudante, ajudando-o nas tarefas propostas pelo STI.

Os agentes pedagógicos contidos no STI base possuem como característica a interação com o estudante, assim como, a comunicação com os demais módulos do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Cada agente pedagógico atua de forma independente no sistema, não havendo interação entre eles. Essa arquitetura possui uma base de conhecimento e os módulos: perceptivo, cognitivo e reativo.

O módulo perceptivo se comunica com os demais, e com os agentes pedagógicos e a base de conhecimento. Ele é o responsável por extrair e armazenar dados referentes à interação do estudante com o STI e monitorar as ações do aluno. O módulo cognitivo executa as inferências sobre a base de conhecimento, sendo possível determinar as ações que devem ser realizadas pelo agente pedagógico, sempre com base nas suas percepções. O módulo reativo deve estabelecer a interface entre os agentes pedagógicos e o estudante, onde são exibidas as mensagens para os estudantes, além de executar as ações indicadas pelo módulo cognitivo [6].

### III. TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos relacionados contribuíram para a definição das técnicas utilizadas neste trabalho. Moissa, em [7], usou o STI *Eletrotutor*, onde o agente Percepção foi inserido no sistema, assim como, um conjunto de funcionalidades para oferecerem suporte aos estados motivacionais identificados por este novo agente. Objetivo do autor foi fazer com que o agente Percepção monitorasse a comunicação entre a interface e o STI.

Portanto, esse agente Percepção tem finalidade semelhante ao agente Facilitador deste trabalho, pois também monitora os estímulos do ambiente. Além disso, o agente Facilitador participa efetivamente da comunicação entre os agentes pedagógicos do STI. É importante destacar que, o *Eletrotutor* usa linguagem de comunicação e protocolos baseado no padrão KQML, diferentemente deste trabalho. Assim, o *Eletrotutor* também trabalha com troca de mensagens.

O STI usado no presente trabalho pode ser usado para o ensino-aprendizagem de qualquer conteúdo, armazenado na base de conhecimento do sistema. Entretanto, diferentemente deste STI, os STIs usados em [8] e [9] possuem conteúdo específico. Segundo [8], o *STI MathTutor* é usado para auxiliar os estudantes sobre os fundamentos da estrutura da informação para os estudantes de Engenharia de Controle e Automação. O STI usado em [9] é destinado ao ensino de Lógica Matemática.

Os autores do artigo [8] não desenvolveram o STI conhecido como *MathTutor*, apenas descreveram a utilização dos agentes conectivos em um STI e, apresentaram as características do sistema estudado. Com foco no STI base, pode-se perceber que o *MathTutor* se assemelha por usar a arquitetura de troca de mensagens, mas se diferencia pelo fato do *STI MathTutor* usar as padrão KQML para a comunicação.

Segundo [9], o *HALYEN* foi desenvolvido com base na plataforma de desenvolvimento *JADE* que, segue as especificações FIPA [10]. Contudo, este trabalho também se baseia neste padrão, mas o STI base não foi desenvolvido com auxílio de *framework*, como o *JADE*. Uma semelhança entre os trabalhos está relacionada à figura de um agente centralizador, chamado de agente Facilitador no presente trabalho e, agente

Coordenador no *STI HALYEN*. Ambos os agentes gerenciam as mensagens recebidas e enviadas pelos demais agentes.

### IV. DESENVOLVIMENTO DO MECANISMO DE COMUNICAÇÃO

Inicialmente, foram levantadas as necessidades do STI base (problemas a serem solucionados). Em seguida, foi definida a linguagem de programação, o protocolo de comunicação e o formato das mensagens a serem usadas durante o desenvolvimento do mecanismo de comunicação. Na fase da heurística foi definido o algoritmo usado para determinar o agente que deve iniciar a interação com o estudante. Em seguida, foi realizada a integração de todas as etapas anteriores no STI base. Cenários de interação foram desenvolvidos para validar o mecanismo. Por fim, as decisões dos agentes puderam ser analisadas com auxílio de um questionário respondido por estudantes que usaram o STI.

#### A. Aspectos de implementação

Os agentes pedagógicos interagem com o estudante sempre que novos estímulos forem gerados no mesmo: pular uma página, voltar para outra página a partir da página de exercícios, permanecer muito tempo ou pouco tempo em uma página. Além disso, os agentes também podem gerar perguntas aleatórias sobre o assunto (aula) tratado no ambiente, caso o estudante fique algum tempo na página de exercícios.

Foram realizados diversos testes para levantar as necessidades do STI em questão, especialmente nos problemas relacionados à comunicação dos agentes pedagógicos. Os erros encontrados estavam diretamente relacionados à comunicação dos agentes com o estudante, pois muitas das mensagens eram apresentadas ao mesmo tempo para os estudantes. Portanto, isto poderia confundir o aluno, já nesses casos as mensagens poderiam ser repetitivas ou diferentes.

Após a análise das necessidades do STI, a linguagem de programação e as ferramentas para o desenvolvimento do mecanismo de comunicação foram escolhidas. Como o STI e os agentes pedagógicos foram implementados em Java, pois o STI foi desenvolvido nesta linguagem. Desta forma, também se definiu o PostgreSQL como o Sistema Gerenciador de Banco de Dados de Objeto Relacional do projeto (SGBDOR).

O protocolo que mais se aproximou das necessidades do STI base foi o FIPA *Contract Net Interaction Protocol* [10]. Assim, o protocolo desenvolvido foi baseado neste protocolo, onde algumas alterações foram realizadas, principalmente pelo fato dos agentes pedagógicos estarem implementados dentro do próprio, onde os objetos dos agentes pedagógicos apenas são instanciados. Ou seja, não foi necessário o uso de arquivos XML para a troca de informação entre os agentes do STI base.

Para a implementação do mecanismo de interação entre os agentes pedagógicos, foi necessário o desenvolvimento de um novo agente, chamado de agente facilitador. Portanto, os agentes pedagógicos não interagem diretamente entre si, essa comunicação sempre é gerenciada pelo agente facilitador. Quando o estudante interage com o STI, este novo agente trata os estímulos gerados no STI e aciona os agentes pedagógicos.

Contudo, esse agente facilitador consulta os agentes pedagógicos para decidir quem deve iniciar uma interação com

o estudante. Essa interação considera as habilidades de cada agente, como por exemplo, apenas a agente tutora Dóris possui a habilidade de fazer perguntas sobre o assunto estudado na disciplina. Assim, os agentes pedagógicos apenas conhecem suas próprias habilidades. Além disso, com o uso do agente facilitador pode-se adicionar novos agente pedagógicos no sistema sem que os agentes já existentes precisem ser alterados.

Tecnicamente, os agentes pedagógicos são instâncias de um objeto agente. Neste momento, apenas são definidas as habilidades desses agentes. Caso a comunicação fosse implementada nos próprios agentes, ambos teriam que conhecer a habilidade do outro agente para a tomada de decisão. A complexidade aumentaria com a inserção de novos agentes no ambiente. Portanto, apenas o agente facilitador precisa conhecer a habilidade dos demais agentes.

Além das habilidades de cada agente pedagógico, o agente facilitador também considera a quantidade de vezes (número de interações) que cada agente pedagógico interagiu com o estudante. Para isto, o agente facilitador usa uma heurística baseada no método da roleta para tomar sua decisão [11]. Então, o agente que interagiu menos vezes como estudante tem uma probabilidade maior de ser eleito para iniciar a iteração. Mas esse método apenas será executado se os agentes possuírem a habilidade de tratar o mesmo estímulo, como por exemplo, um pulo de página.

Por fim, cenários de interação foram elaborados, com o objetivo de validar cada etapa desenvolvida. Por exemplo, um dos cenários visado à execução de diversas tarefas (estímulos) no STI para verificar se apenas um dos agentes pedagógicos iria interagir iniciar a interação com o estudante.

Em seguida, foi adicionada à base de conhecimento do ambiente uma nova aula, referente ao Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa. Com isso, o ambiente foi usado por uma turma de Lógica para Computação da UNISC. Com base na análise de questionários respondidos por esses estudantes, pode-se comprovar que eles perceberam a maneira coordenada e não mais simultânea das mensagens enviadas pelos agentes.

## V. CONCLUSÃO

A Este trabalho focou no estudo e no desenvolvimento de um mecanismo de comunicação entre agentes pedagógicos de um STI, para permitir a interação coordenada dos agentes pedagógicos com o estudante. Com isso, foi possível evitar a comunicação simultânea dos agentes pedagógicos. Portanto, foi adicionado ao mecanismo de comunicação um protocolo de interação entre agentes. Antes disto, alguns trabalhos relacionados também foram estudados para determinar as técnicas usadas no desenvolvimento do trabalho.

Optou-se pelo desenvolvimento de um protocolo baseado no FIPA [10]. Também foi desenvolvido o agente facilitador que, por sua vez, possui a função de facilitar/gerenciar os processos de comunicação. Assim, o protocolo de comunicação desenvolvido visa à troca de mensagens entre os agentes pedagógicos e o agente facilitador. Esse novo agente visa

auxiliar a tomada de decisão, ajudando a determinar qual dos agentes deve interagir com o estudante.

Então, o agente facilitador usa uma heurística baseada no Método da roleta para a tomada de decisão. Esse método consiste em privilegiar o agente que interagiu menos vezes com o estudante, dando mais oportunidades para que esse seja o próximo agente escolhido para iniciar a interação. Entretanto, é importante destacar que o método apenas é executado quando mais de um agente possuir a habilidade de tratar o estímulo gerado e recebido pelo agente facilitador.

A linguagem Java foi usada no desenvolvimento, pois o STI também foi desenvolvido em Java. Assim, o PostgreSQL foi usado para o armazenamento e gerenciamento da base de conhecimento do sistema. Para a validação do mecanismo de comunicação desenvolvido, foram gerados cenários de interação. Por fim, o STI também foi avaliado por estudantes da disciplina de Lógica para Computação da UNISC. Portanto, pode-se concluir que o mecanismo de comunicação atendeu satisfatoriamente as necessidades de comunicação dos agentes pedagógicos com o estudante.

## REFERENCES

- [1] Cutmore, T. R. H., Hine, T. J., Maberly, K. J., Langford, N. M., Hawgood, G., "Cognitive ad gender factors influencing navigation in virtual environment". In *International Journal of Human - Computer Studies*, 2000, p. 223-249. .
- [2] Guardia, R. B., "Asesores Inteligentes para apoyar el Proceso de Enseñanza de Lenguajes de Programación". Dissertação de mestrado em Ciências da Computação. ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey), 1997. México.
- [3] Güler, D., "The Use of Distributed Agents in Intelligent Tutoring". In: *It's Workshop on Pedagogical Agents*, 1998. San Antonio, Texas.
- [4] Wooldridge, M., "An Introduction to Multiagent Systems". In *Department of Computer Science at the University of Liverpool*, 2009. Editora: John Wiley & Sons.
- [5] Kühleis, R., "CHATTERDÓRIS – Um agente pedagógico com interação em linguagem natural". In *Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)*, monografia, 2011.
- [6] Frozza, R., Silva, A. A. K. Da, Schreiber, J. N. C., Lux, B., Molz, K. W., Kipper, L. M., Borin, M. P., Carvalho, A. B. De, Baierle, J. L., Sampaio, L., "Agentes Pedagógicos Emocionais atuando em um Ambiente Virtual de Aprendizagem". In *RENTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*, UFRGS, 2011.
- [7] Moissa H. E., "Arquitetura de um Agente Identificador de Fatores Motivacionais e Afetivos em um Ambiente de Ensino e Aprendizagem". In *Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)*, 2001. Porto Alegre/RS.
- [8] Frigo, L. B., Pozzebon, E., Bittencourt, G., "O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes". In *Anais do WCETE - World Congress on Engineering and Technology Education*, 2004. São Paulo/SP.
- [9] González, S. M.; Tamariz, A. R.; Carneiro, E. C.; Almeida, J. S. de, "Agentes Inteligentes no Ambiente Virtual de Ensino de Lógica Halyen". In *Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2007*, Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.
- [10] FIPA "Foundation for Intelligent Physical Agents". <http://www.fipa.org>, 2013.
- [11] Oliveira, J. R. F., "O uso de algoritmos genéticos na decomposição morfológica de operadores invariantes em translação aplicados a imagens digitais". Tese Doutorado em Computação Aplicada - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.