
AmCorA: Uma Arquitetura Multiagente Baseada em FIPA

José Francisco de Magalhães Netto^{1,2}, Crediné Silva de Menezes²
Alberto Nogueira de Castro Júnior¹

¹Departamento de Ciência da Computação – DCC-ICE – UFAM

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica PPGEE - UFES

jnetto@dcc.fua.br, credine@inf.ufes.br, albertoc@dcc.fua.br

Resumo. Este artigo propõe uma arquitetura para Ambientes Virtuais de Aprendizagem que estende uma arquitetura já implementada e testada - AmCorA (Ambiente Cooperativo de Aprendizagem) -, ampliando suas potencialidades através de uma comunidade de agentes inteligentes representando alunos chamados clones e do emprego de ontologias e de padrões FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) para promover a interoperabilidade. Propõe-se um comportamento dos clones. É proposto também um mecanismo de localização de recursos e agentes dentro do ambiente baseado em Matchmakers.

Palavras Chave: Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Sistemas Multiagente, Telemática e Educação.

1. Introdução

Um dos aspectos visíveis da disseminação do uso de computadores é o surgimento de Comunidades Virtuais. Uma comunidade é um grupo social que compartilha valores, objetivos e que convivem no mesmo meio [Houaiss 2001]. Em uma comunidade conseguimos visualizar intensas interações sociais tais como negociação, colaboração e coordenação. As interações sociais são ativadas e modificadas pela comunicação (ou a ausência de) entre os diversos atores.

Neste trabalho discutimos uma arquitetura para produção de um sistema que apóie uma Comunidade Virtual de Aprendizagem, que são comunidades de usuários distribuídos usando computadores virtualmente. Virtual constitui uma simulação de algo criado por meios eletrônicos [Houaiss 2001]. O conceito de virtual, discutido por filósofos como Pierre Lévy [Lévy 1996], nos remete a este Novo Mundo onde as representações do real são acessadas e manipuladas através do computador criando novas interpretações e ampliando possibilidades do real.

Um Ambiente Virtual de Aprendizagem apresenta as seguintes características: é projetado para ser um espaço de informação, o espaço é explicitamente representado, permite a integração de múltiplas ferramentas, permite ampliações com o ambiente físico e, principalmente, é um espaço social, permitindo interações sociais [Dillenbourg 2000]. Ambientes Virtuais de Aprendizagem são ambientes que apóiam a criação e desenvolvimento de Comunidades Virtuais.

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem caracterizam-se por serem sistemas de computação complexos, de natureza intrinsecamente distribuídos, contemplando ações tais como atividades síncronas (chats etc) e assíncronas (fóruns, emails, pesquisas etc). A complexidade nos leva a usar o paradigma de Sistemas Multiagentes para modelar, projetar e implementar sistemas de tal magnitude [Wooldridge 2002]. O paradigma de Sistemas Multiagentes usado para modelar e implementar ambientes de aprendizagem é respaldado por trabalhos como [Vassileva 2001] e [Webber 2001], entre outros.

Outra motivação básica deste trabalho é usar uma comunidade de agentes inteligentes para fomentar comunidades virtuais. Segundo Case et alii agentes inteligentes oferecem uma tecnologia ideal para prover compartilhamento de dados, serviços personalizados e conhecimento em rede promovendo interações em comunidades virtuais (e-communities) [Case 2001].

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta a revisão da literatura, abordando linguagens de comunicação de agentes e ambientes virtuais de aprendizagem, a seção 3 apresenta o AmCorA e a seção 4 discute a proposta. O artigo é finalizado com a seção 5 de conclusões e trabalhos futuros e com a apresentação da bibliografia na seção 6.

2. Revisão da Literatura

Esta seção está subdividida em duas subseções: a primeira subseção apresenta Linguagens de Comunicação de Agentes e a segunda subseção descreve os Ambientes Virtuais de Aprendizagem.

2.1. Linguagens de Comunicação de Agentes

Dada uma comunidade de agentes trabalhando sobre um domínio qualquer, há necessidade de uma linguagem que possua primitivas e estruturas possibilitando a troca de mensagens. Estas linguagens são conhecidas como Linguagens de Comunicação de Agentes e aqui discutimos as duas linguagens básicas de comunicação de agentes: KQML e ACL FIPA.

2.1.1. KQML

KQML (Knowledge Query Manipulation Language) é uma linguagem de comunicação de agentes que se baseia em atos de fala [Wooldridge 2002]. KQML define um formato comum das mensagens e um conjunto de performativas, tais como content, sender, receiver, language, ontology, reply-with, in-reply-to etc. Pode-se então criar mensagens em formato padronizado e promover diálogos entre agentes. A linguagem KQML foi implementada em várias versões, com diferentes conjuntos de performativas. Não houve uma preocupação em se padronizar a linguagem e ocorre que performativas de nomes iguais em implementações distintas realizam tarefas diferentes.

2.1.2. ACL FIPA

FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) é uma organização que visa promover a interoperabilidade entre agentes heterogêneos [FIPA 2004]. FIPA propõe uma arquitetura básica para agentes inteligentes e uma linguagem de comunicação de agentes, chamada ACL FIPA, cuja semântica é definida por uma linguagem formal chamada FIPA SL (Semantic Language). Além disso, FIPA propõe protocolos de trocas de mensagens para realização de tarefas típicas que ocorrem na Web, como por exemplo, em comércio eletrônico.

Protocolos de interação de mensagens FIPA, como o Contract Net, estão implementados em plataformas de desenvolvimento de ambientes multiagentes, chamados FIPA compliant, que obedecem ao padrão FIPA, como o JADE (Jade Agent Development Framework) [JADE 2004] e FIPA-OS. A Figura 1 apresenta o protocolo de troca e mensagens do Contract Net [FIPA 2003].

Em [FIPA 2002] é mostrada uma especificação de um DTD (Document Type Definition) que codifica uma mensagem FIPA em uma mensagem no formato XML, ampliando as possibilidades de comunicação e, assim, promovendo a interoperabilidade entre as aplicações. A vantagem de se usar XML reside no fato desta estar se tornando um padrão na Internet.

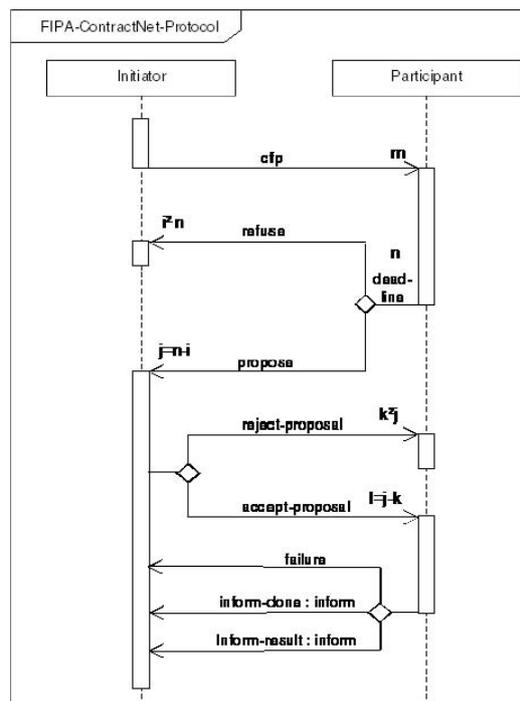


Figura 1. Protocolo de troca de mensagens do Contract Net [FIPA 2003]

2.2. Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Na Introdução discute-se brevemente o uso de agentes inteligentes em Ambientes Virtuais de Aprendizagem e em Trabalhos Correlatos são apresentados alguns trabalhos que têm pertinência com a proposta aqui desenvolvida.

2.2.1. Introdução

Na literatura encontramos descrições de vários ambientes virtuais de aprendizagem (AulaNet, TelEduc, AVA) e relatos de experiências nestes ambientes. Uma primeira análise de trabalhos publicados nos últimos anos nos leva a crer que há uma preocupação crescente em se dotar os ambientes virtuais de aprendizagem com ferramentas que apoiem determinados modelos pedagógicos. Estes modelos pedagógicos citados baseiam-se na promoção de interações entre os atores dos ambientes, criando situações onde se possa construir e compartilhar o conhecimento.

Dentro desta visão observamos o uso da tecnologia de agentes inteligentes como metodologia de projeto e/ou para aumentar a aderência a algum paradigma pedagógico [Crespo 2002], [Palazzo 2002], [Menezes 2003].

2.2.2. Trabalhos Correlatos

Apresentamos nesta seção alguns trabalhos que descrevem arquiteturas de Ambientes de Apoio a Aprendizagem Virtual baseados em agentes inteligentes [Case 2001], [Silveira 2002], [Silveira 2003], [Gomes 2003]. O trabalho apresentado por [Silveira 2003] aborda o uso de FIPA provendo a estrutura de comunicação entre os agentes.

As principais características do trabalho de [Case 2001] são: a estrutura de comunicação via campo e uma estrutura de mediação distribuída. Na comunicação via campo todos os agentes ouvem todas as mensagens. Cada agente reage a uma mensagem conforme seus interesses. A estrutura é flexível permitindo a inclusão/deleção de agentes sem interferir na ação de outros

agentes. A mediação distribuída se dá quando um mediador recebe um pedido de informação e, então, a remete para mediadores vizinhos repetidamente até que se encontre a rota da requisição que contempla o pedido do usuário. A estrutura de comunicação é mostrada na Figura 2.

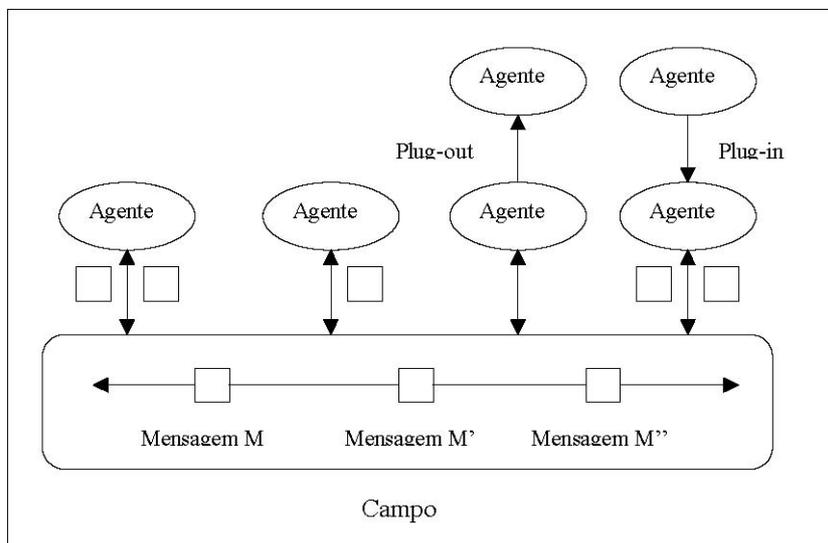


Figura 2. Comunicação via campo [Case 2001]

A arquitetura proposta por Silveira e Gomes é composta de três agentes: Agentes de Interface, Agentes Pedagógicos e Agentes do Modelo do Estudante [Silveira 2003]. O Agente de Interface realiza a comunicação entre o sistema e o usuário, reconhecendo as ações do usuário sobre a interface gráfica e mostrando as intervenções do sistema. O Agente Pedagógico é o responsável pelas ações de ensino, propondo exercícios, exemplos e outras atividades. O Agente do Modelo do Estudante registra todas as ações de usuários estudantes, guarda os históricos dos alunos e modelos dos estudantes. A Figura 3 mostra a arquitetura proposta por Silveira e Gomes.

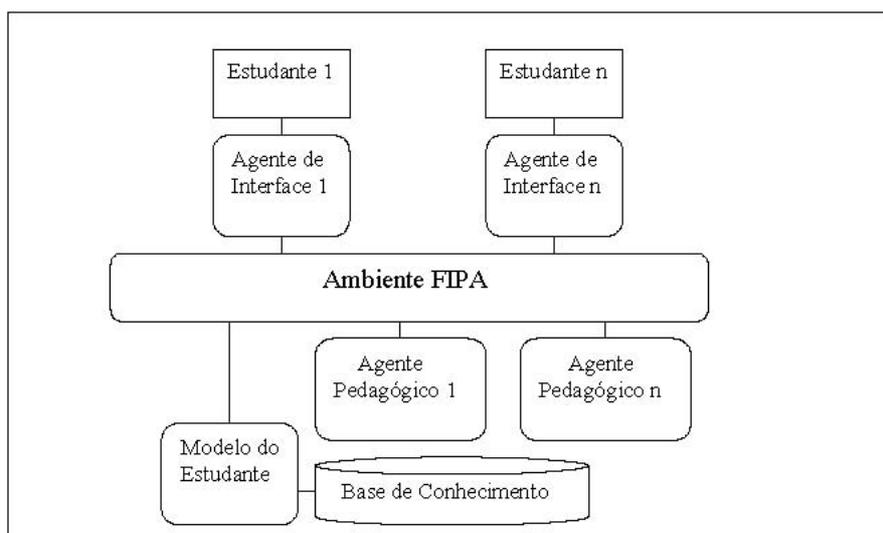


Figura 3. Arquitetura baseada em FIPA [Silveira 2003]

O I-Help é uma arquitetura multiagente consistindo de agentes pessoais e agentes de aplicações, que se referem às ferramentas disponíveis [Vassileva 2001]. Os agentes usam uma ontologia em comum. A arquitetura é mostrada na Figura 4.

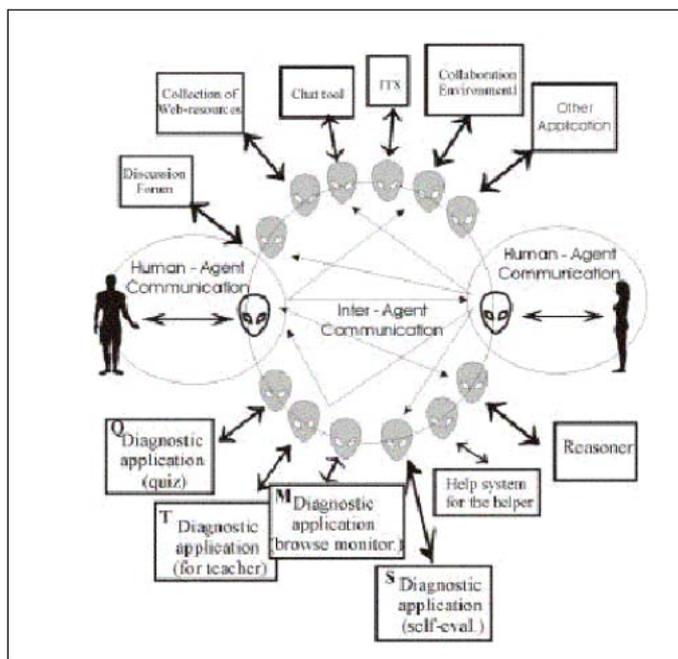


Figura 4. Arquitetura do I-Help [Vassileva 2001]

Protótipos do I-Help foram elaborados usando esquemas de comunicação distintos como KQML e Corba.

Os trabalhos de [Case 2001], [Silveira 2003] e [Vassileva 2001] apresentam em comum o uso de agentes inteligentes e a definição de uma estrutura de comunicação. A arquitetura proposta por [Case 2001] enfatiza a facilidade de inclusão/exclusão de agentes. Esta facilidade precisa de uma confirmação prática uma vez que em ambientes de aprendizagem virtuais a inclusão/exclusão de usuários (representados por seus agentes) pode implicar em (re)formação de novos grupos sociais ou alteração do status quo do grupo. Outro aspecto importante na proposta de [Case 2001] é a forma como o agente captura uma mensagem, precisando ler todas as mensagens que passam e capturar aquelas que lhe são destinadas. Isso cria uma sobrecarga de trabalho, além de evidenciar questões de segurança (confidencialidade das mensagens).

3. O AmCorA

AmCorA (Ambiente Cooperativo para Aprendizagem) é uma ambiente virtual de aprendizagem proposto por Menezes et alii [Menezes 1999]. O objetivo do AmCorA é servir de plataforma para apoiar comunidades virtuais que se formam nas diversas atividades da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e também em cursos de Educação a Distância envolvendo outras instituições. O ambiente é ativo e pode ser acessado via Web [AmCorA 2004]. O AmCorA tem sido desenvolvido através de trabalhos de graduação e pós-graduação [Mesquita 2003], [Menezes 2003], [Pessoa 2004a], incorporando as funcionalidades requeridas. No estágio atual o AmCorA é um sistema aberto, permitindo o ingresso de novos usuários em sua comunidades e extensível, permitindo a ampliação de suas funcionalidades por agregação de novos módulos [Menezes 2003]. O AmCorA pode ser instalado e configurado através do

FAMCorA, um framework que permite reuso de aplicações executáveis encontradas na Web [Pessoa 2004]. A Figura 5 apresenta a arquitetura do AmCorA.

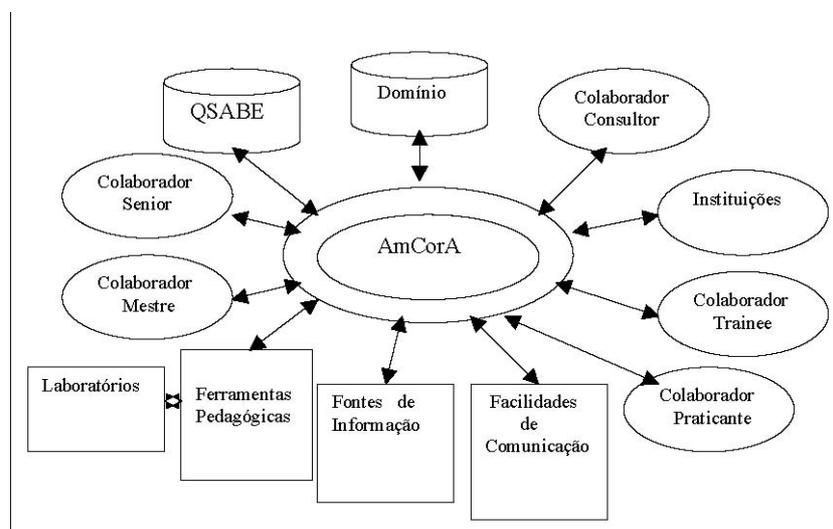


Figura 5. Arquitetura do AmCorA [Menezes 1999]

Pertencem ao AmCorA, o Qsabe, um serviço cooperativo para apropriação e divulgação de conhecimento utilizando a Internet [Pessoa 2000] e o Moonline, um ambiente de apoio a exercício da monitoria de modo on-line [Gava 2000].

4. Nossa Proposta

A idéia básica consiste em dar uma camada inteligente ao AmCorA, através de uma comunidade multiagente. Cada usuário é representado no sistema por um agente pessoal inteligente denominado clone virtual, ou simplesmente clone. Inicialmente o clone captura o perfil do usuário que ele representa e nas etapas seguintes o aprendizado do clone baseia-se no registro e análise das interações do seu dono nas diversas sessões com a comunidade e nas interações dos demais agentes (reais e virtuais). Cada agente real possui um perfil, onde se observa o seu nível de maturidade nos assuntos (novatos, intermediários, senior, consultor, etc. ou alunos de graduação, alunos de mestrado, aluno de doutorado, professores, ...).

O clone, a medida em que aprende, pode interceptar as mensagens do agente real e dar uma solução. Cada vez que o agente real tem que intervir o clone fica observando e aprendendo. Os clones podem conversar entre si e com isso aprender também. Os clones podem ajudar na aprendizagem de seus clonados, observando, registrando e mostrando para eles o que está acontecendo no mundo e que parece ser novidade e/ou útil para o agente real.

Os agentes compartilham uma linguagem e uma ontologia comuns. A linguagem que será utilizada é baseada no padrão ACL FIPA, permitindo extensões em XML. Uma ontologia é “uma especificação explícita e formal de uma conceitualização compartilhada” [Guarino 1995]. A ontologia possibilita que as os conceitos usados pelos diversos agentes sejam compartilhados [Guarino 1997].

A proposta de uma arquitetura é mostrada na Figura 6.

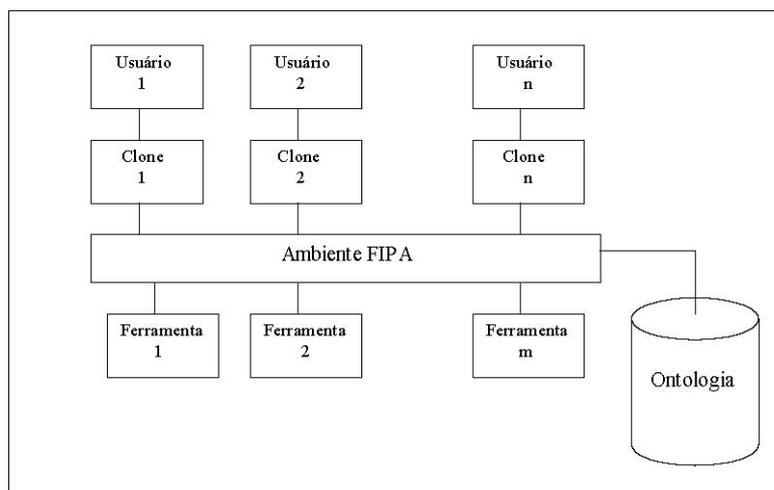


Figura 6. Proposta de Arquitetura Multiagente para o AmCorA

Em termos práticos a arquitetura refere-se a um ambiente distribuído na Web, onde há um elevado grau de incerteza sobre a localização e disponibilidade de usuários e ferramentas que se adequem às necessidades requeridas. Uma abordagem para a solução deste problema é considerar as interações entre os agentes como relações entre um requisitante de serviço e um provedor de serviço. Um serviço é um recurso disponibilizado por um computador (ou por um grupo de computadores), acessível e utilizável pelos membros da comunidade (usuários e/ou programas) mediante certas regras e condições. Um agente denominado Matchmaker ajuda a fazer conexões entre agentes que prestam serviços e agentes que requisitam serviços [Sycara 2001]. A ação do Matchmaker é ilustrada na Figura 7.

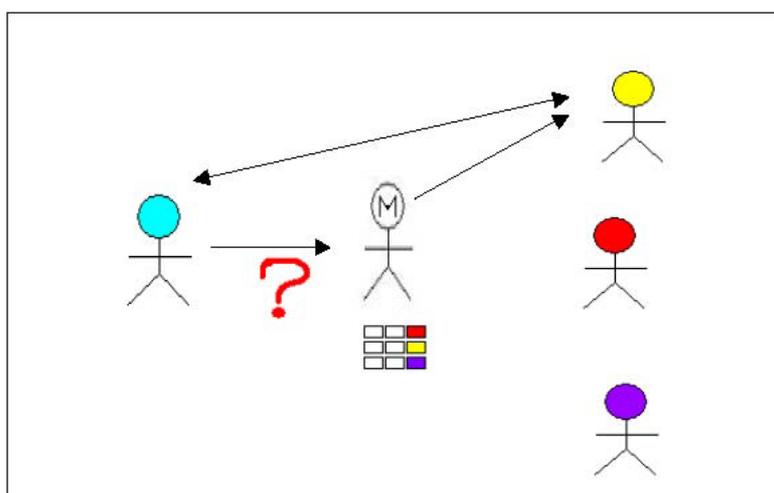


Figura 7. Um agente M promovendo a aproximação de dois agentes

Um agente M recebe uma requisição de um agente (em azul). O agente M consulta uma tabela e descobre que o agente amarelo tem capacidade para atender a requisição. O agente M pergunta, então, ao agente amarelo se ele está disponível para atender a requisição. Em caso afirmativo há uma comunicação direta entre o agente requisitante e o prestador do serviço. Esta forma permite a comunicação direta entre agentes, diminuindo o número de mensagens no ambiente. A opção de usar Matchmakers possibilita a interoperabilidade entre os agentes heterogêneos que

compõem o ambiente virtual. O uso de mediadores é uma solução adotada por [Case 2001] e [Vassileva 2001].

A arquitetura, exemplificada pela Figura 6, aliada às descrições dos clones e dos Matchmakers, é uma proposta de arquitetura multiagente para a arquitetura do AmCorA.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Partindo de alguns pressupostos teóricos (a possibilidade de representação das relações sociais em Ambientes Virtuais de Aprendizagem; a factibilidade de se projetar sistemas complexos, como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem, usando o paradigma de Sistemas Multiagentes; o uso de agentes inteligentes para promover interações em comunidades virtuais; o uso de ontologias para representação do conhecimento compartilhado) apresentou-se neste artigo uma arquitetura que estende as funcionalidades do AmCorA.

O uso da estrutura de comunicação do FIPA na arquitetura proposta, aliada ao uso de ontologias, são fatores relevantes. A proposta de uso de clones é o fator que consideramos o diferencial comparando-se a arquitetura anterior e a nova proposta usando multiagentes. Os clones podem potencializar a individualidade da aprendizagem e as interações dos grupos, o que são, a princípio, os objetivos primeiros de uma Ambiente Virtual de Aprendizagem. Uma perspectiva é que a arquitetura multiagente para Ambientes Virtuais de Aprendizagem propicie benefícios como a escalabilidade. Esta conjectura precisará ser confirmada pois, até onde seguirmos nossas investigações, não encontramos relatos concludentes sobre esta questão na literatura.

O trabalho atual caminha na direção de se definir a estrutura interna dos agentes virtuais e a discussão da forma de representação dos conhecimentos envolvidos nas interações entre agentes. Trabalhos recentes como [Gomes 2003], [Pessoa 2004a] e [Silveira 2003] fornecem subsídios para esta tarefa. Protótipos estão sendo projetados usando a metodologia AORML (Agent-Object Relationship Modeling Language) [AORML 2004] e implementados na plataforma JADE [JADE 2004]. A escolha da plataforma JADE deu-se pelos motivos de ser FIPA compliant e permitir ambientes multitarefas, além de ser distribuído sob licença LGPL. Baseado no trabalho de [Burbeck 2004] acreditamos que, com o número de agentes projetados para os protótipos, o JADE apresente um desempenho satisfatório.

Algumas questões permanecem em aberto e deverão ser abordadas quando as primeiras versões dos protótipos estiverem ativas, como, por exemplo, a efetividade da ação dos clones e a interação usuário-clone. Uma questão importante que emerge desta proposta é a questão ética de termos agentes virtuais representando pessoas. Teremos que discutir qual o grau de delegação de poderes entre usuário e clone é o adequado e aceitável. Uma sugestão inicial é deixar claro para todos na comunidade com qual tipo de agente estão lidando.

Referências Bibliográficas

- AmCorA (2004) Ambiente Cooperativo de Aprendizagem, <http://www.gaia.ufes.br/amcora>.
- AORML (2004) , Agent-Object Relationship Modeling Language <http://tmitwww.tn.tue.nl/staff/gwagner/AORML/>, Junho
- Case,S., Azarmi,N., Thint,M., Ohtani,T. (2001) “Enhancing E-Communities with Agent-Based Systems”. Computer IEEE, Vol. 34, N. 7, Julho.
- Crespo, S.C.C.S., Schlemmer, E., Santos, C.T.,Rheinheimer, L. (2002) "AVA: Um Ambiente Virtual Baseado em Comunidades" . XXIII SBIE, São Leopoldo.
- Burbeck, K., Garpe, D., Nadjm-Tehrani , S. (2004) “Scale-up and Performance Studies of Three

-
- Agent Platforms”. <http://www.ida.liu.se/~rtslab/publications/2004/Burbeck04platform.pdf>
- Dillenbourg, P. (2000) “Virtual Learning Environments”, UN Conference 2000: Learning in The New Millenium: Building New Education Strategies for Schools».
- FIPA (2002) FIPA Agent Message Transport Envelope Representation in XML Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00085/SC00085J.html>, Abril.
- FIPA (2003) FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00029/SC00029H.html>, Dezembro.
- FIPA (2004) Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org>, Março.
- Gava, T. B. S. , Menezes, C. S.(2000). “An Inquiry Oriented Environment for Learning Support”. ICECE – International Conference on Eng. and Computer Education, S. Paulo.
- Gomes, E.R. , Silveira , R. A . , Rosa Vicari , R. (2003) “Utilização de agentes FIPA em Ambientes para Ensino a Distância”. <http://minerva.ufpel.tche.br/~ergomes/trabalhos/clei2003.pdf>.
- Guarino, N. , Giaretta, P. (1995). “Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification”. In N. Mars (ed.) Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing. IOS Press, Amsterdam.
- Guarino, N. (1997) “Understanding, Building, And Using Ontologies”, <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/ KAW96/guarino/guarino.html>, Junho
- Houaiss, A. e Villar, M. de S. (2001) Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, Editora Objetiva, Rio de Janeiro.
- JADE (2004) Java Agent Development Framework, <http://jade.tilab.com>, Junho.
- Lévy, P. (1996) “O que é Virtual?”, Editora 34, São Paulo.
- Menezes, C.S., Campos, G.H. e Cury, D. (1999) “AmCorA: um Ambiente Cooperativo para a Aprendizagem Construtivista Utilizando a Internet”. X SBIE, Curitiba.
- Menezes, C. S., Vescovi-Netto, H., Pessoa, J. M. (2003) ”AmCorA: uma Experiência com Construção e Uso de Ambientes Virtuais no Ensino Superior”. XIV SBIE, Rio de Janeiro.
- Palazzo, L.A.M, Costa, A.C.R., Dimuro, G.P., Schirmbeck,F. (2002) "Comunidades Virtuais de Formação Tecnológica: Fundamentação Pedagógica e Metodologia de Construção". XXIII SBIE, São Leopoldo.
- Mesquita, L. F., Menezes, C. S., Pessoa, J. M., Vescovi-Netto, H. (2003) ”Percepção em Comunidades Virtuais: Mantendo-se Antenado no AmCorA”. XIV SBIE.
- Pessoa, J. M. , Menezes, C.S. (2000). “ QSabe II: A Cooperative Service for Knowledge Appropriation and Diffusion Using the Internet”. ICECE , São Paulo.
- Pessoa, J. M. , Menezes, C. S. (2004) “Um Framework Aberto para Construção de Ambientes CSCW/CSCL na Web”. 1st Latin American Web Congress, Santiago.
- Pessoa, J. M. (2004a) “Um Framework Aberto para Construção de Ambientes Cooperativos na Web”. Tese de Doutorado (Engenharia Elétrica), UFES, Vitória.
- Silveira, R.A., Vicari, R. (2002) ”Developing Distributed Intelligent Learning Environment with JADE -Java Agents for Distance Education Framework”. Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Biarritz e San Sebastian.
- Silveira, R., Gomes, E. (2003) “FIPA Compliant Pedagogical Agents in Distributed Intelligent Learning Environments”, IADIS International Conference, e-SOCIETY 2003, Lisboa.

Sycara, K. (2001) "Brokering and Matchmaking for Coordination of Agent Societies: A Survey". In *Coordination of Internet Agents*, A. Omicini et al. (eds), Ed. Springer-Verlag.

Vassileva, J., Deters, R., Greer, J., McCalla, G., Bull, S., Kettel, L. (2001). "Lessons from Deploying I-Help". *International Conference on AI and Education, Workshop Multi-Agent Architectures for Distributed Learning Environments*, San Antonio.

Webber, C., Bergia, L., Pesty, S., Balacheff, N. (2001). "The Baghera Project: a Multi-Agent Architecture for Human Learning". *International Conference on AI and Education, Workshop Multi-Agent Architectures for Distributed Learning Environments*, San Antonio.

Wooldridge, M. (2002) "An Introduction to MultiAgent Systems", Ed. John Wiley&Sons, Inglaterra.