

UM AMBIENTE MULTI-AGENTE ADAPTÁVEL PARA NEGOCIAÇÕES NO E-COMMERCE

Alan Pedro da Silva¹, Rômulo Nunes de Oliveira², Ig Bitencourt¹, Evandro B. Costa¹

¹Departamento de Tecnologia da Informação – Universidade Federal de Alagoas
Campus A.C. Simões, Bl 13 - BR104 - Km 14 – Maceió, AL – Brasil

²Departamento de Sistemas e Computação – Universidade Federal de Campina Grande
Av. Aprígio Veloso 882 - Bl CN, Campina Grande, PB – Brasil

{alan,ibert,evandro}@tci.ufal.br, romulo@dsc.ufcg.edu.br

Abstract. *In this work, we propose a multi-agent based environment for supporting adaptive bilateral automated negotiation during buyer-seller agent interactions. These interactions are viewed as a cooperative game (from the idea of two-person game theory, nonzerosum game), where the players try to reach an agreement about a certain negotiation object that is offered by one player to another. The final agreement is assumed to be satisfactory to both parts, and to achieve effectively this goal, we modelled each player as a multi-agent system with its respective environment. In doing so, we aim at providing an effective means to collect relevant information to help agents to make good decisions for both parties. Therefore, we defined a mechanism for the negotiation agents to model the opponent player and other mechanisms for monitoring relevant variables from the player's environment.*

Resumo. *Nesse trabalho, estamos propondo um ambiente baseado em sistemas multi-agentes para dar suporte à negociações automatizadas e prover interações entre agentes vendedores e compradores. Tais interações são vistas como um jogo cooperativo (vindo da teoria dos jogos como um jogo de soma não zero), onde os jogadores tentam firmar um acordo a cerca de um objeto negociador que é oferecido de um jogador a outro. O acordo final é assumido como satisfatório para ambas as partes, e para atingir efetivamente esse objetivo, cada jogador foi modelado como um sistema multi-agente com os seus respectivos ambientes. Com isso, o ambiente trás um efetivo meio para coletar informações que ajudam os agentes negociadores a tomarem boas decisões. Com este objetivo, foi definido mecanismos para que os agentes negociadores pudessem modelar o oponente, além de outros mecanismos para monitoramento de variáveis relevantes ao ambiente do jogador.*

1. Introdução

A idéia de automatizar uma negociação por meio de entidades de software se traduz, a cada dia, em uma tarefa específica para agentes dotados de inteligência. O princípio básico é que estes agentes possam tomar decisões baseados em visões cognitivas semelhantes às do homem, aliado ao poder computacional de realizar com facilidade tarefas exaustivas.

Para isso, é proposto um sistema multi-agente (SMA) que seja adaptável aos vários cenários de negociação, permitindo que os agentes possam alterar suas estratégias dinamicamente para serem flexíveis e adaptáveis conforme as variações do ambiente. Uma característica interessante do SMA negociador é que suas ações independem do modelo de tomada de decisão dos seus oponentes. Para existir uma negociação, basta que o negociador concorrente siga as normas do protocolo, que também é proposto nesse trabalho.

De uma forma mais abstrata, mostrando como o sistema aborda uma negociação, a Figura 1 representa uma negociação bilateral no âmbito do comércio eletrônico: de um lado temos um sistema multi-agente representando um comprador e do outro um vendedor. Ambos interagindo entre si, tomando suas decisões e fazendo inferências sobre as alterações no ambiente.

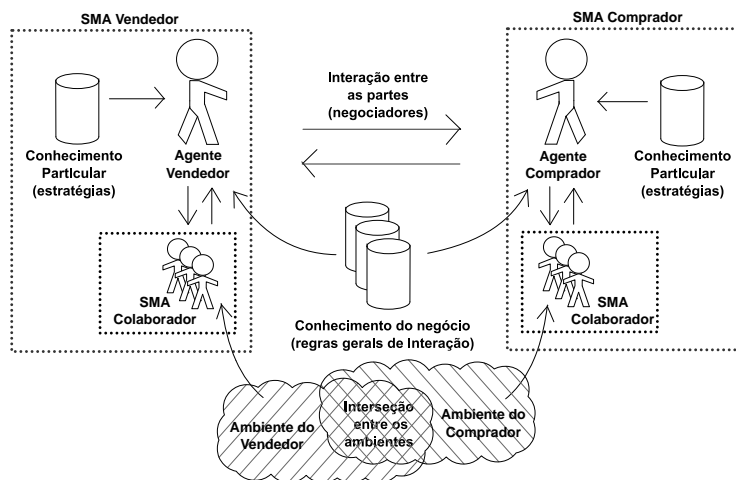


Figura 1. O comércio eletrônico visto como um SMA

Em princípio, toda negociação é vista como um jogo de perdas e ganhos, onde um bom negócio para uma das partes, significa um mau negócio para a outra. Dessa forma, o princípio da *empatia* foi incorporado nos agentes, onde um negociador sempre estará tentando entender as necessidades e preferências de seus oponentes, com o objetivo de elaborar propostas com um grau de satisfação maior.

O ambiente para negociação, também alvo de estudos pelo mundo [Bartolini et al. 2004, Faratin 2000, Oprea 2002, Faratin et al. 2002], vem para aproximar a negociação eletrônica ao modelo real, fornecendo agentes coesos e uma infra-estrutura adaptável a qualquer tipo de negociação. Com o ambiente, é proporcionado um ambiente de testes para novas soluções em aprendizagem, tratamento de incerteza e táticas para negociação.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na próxima Seção, nós apresentaremos nosso ambiente geral para negociações automatizadas. Depois, na Seção 3 discutiremos sobre a arquitetura que propomos. Na Seção 4, mostraremos nossa proposta para aprendizagem de máquina para um dos agentes visto na arquitetura. Na Seção 5, nós consideramos um cenário ilustrativo mostrando a nossa solução proposta. Na Seção 6, nós comentamos alguns trabalhos relacionados. Finalmente, a conclusão e direcionamentos para trabalhos futuros em potencial são apresentados na Seção 7.

2. Descrição do Ambiente

Em um sistema para negociação no comércio eletrônico, o negociador, antes visto como uma única entidade [Faratin 2000, Fatima et al. 2005], é idealizado como um SMA (Sistema Multi-Agente), onde seus membros colaboram entre si [Filho 2004, Bartolini et al. 2004, Sardinha et al. 2005]. Assim, tarefas necessárias, como análise de propostas, aprendizagem, percepção de mudanças no mercado e outras, são distribuídas por todos os membros do SMA.

Um item essencial para que exista uma negociação é a troca de mensagens, e para isso dois pontos foram resolvidos:

- *comunicação física entre os agentes*: envolve todo o meio que proporciona a interação entre eles, desde o protocolo de comunicação até a estrutura de software para se utilizar disso. A FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) resolve parte dessa questão com a elaboração de um protocolo de padrões universais para SMA's. O Jade (Java Agent Development) foi adotado por implementar os padrões da FIPA e ser *free*;
- *protocolo de negociação*: protocolo para gerenciar a troca de propostas no ambiente de negociação. Tomando como base alguns trabalhos publicados [Bartolini et al. 2004, Jennings et al. 2001, Klein et al. 2003, Oprea 2002] estaremos descrevendo o protocolo gerenciador da negociação.

A seguir, serão mostrados alguns detalhes fundamentais envolvidos na construção do ambiente proposto para este trabalho, divididos em 3 subseções: *objeto da negociação*, *protocolo de negociação* e *modelo de um agente do SMA negociador*.

2.1. O objeto da negociação

O objeto negociado é representado por um vetor de atributos que assume valores em um intervalo determinado [Filho 2004]. Assim, na negociação, um objeto negociado terá um subconjunto de atributos que pertence ao conjunto dos atributos ajustados antes da negociação. Em outras palavras:

Considere $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}$ o conjunto de atributos possíveis e pré-ajustados previstos em um domínio de negócio;

e também, $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$ o conjunto de características que compõem a descrição física do objeto negociável.

Então um objeto negociável é definido como: $o = \{C', A'\}$, onde $A' \subseteq A$ e $C' \subseteq C$. A Figura 2 ilustra essa definição. Todos os atributos $a \in A'$ e características $c \in C'$ são variáveis com valores discretos ou lineares, e seus respectivos domínios terão que ser predefinidos.

Em uma proposta, pode-se trabalhar com vários objetos ao mesmo tempo, assim, é definida como: $P = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_s\}$, onde cada o_i representa um objeto diferente na proposta [Filho 2004]. Durante o texto chamaremos de *variáveis de decisão* o conjunto $\{a_i \cup c_i\}$ referente a um mesmo objeto o_i .

2.2. Protocolo de negociação

O protocolo de negociação é que organiza as ações das entidades envolvidas na negociação no tempo, e pode ser resumido como mostra o Algoritmo 1. Conforme

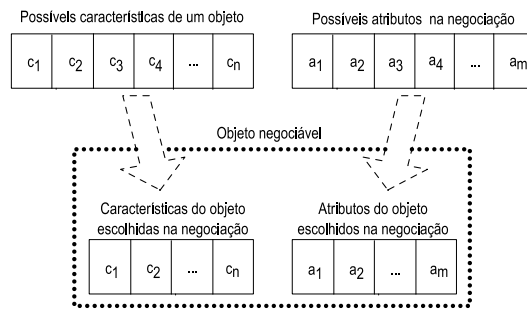


Figura 2. Composição de um objeto negociável

trabalhos anteriores [Filho 2004, Oprea 2002] enfocando o assunto, é necessário que os agentes possuam ações definidas durante a negociação: aceitar uma proposta; desistir da negociação; enviar uma proposta; sugerir produtos alternativos; sugerir produtos correlatos.

Algoritmo 1 - Algoritmo geral da negociação

- 1 - O SMA comprador procura o SMA vendedor;
 - 2 - Os negociadores definem o objeto de negociação com seus pesos e restrições na pre-negociação;
 - 3 - Um dos negociadores envia uma proposta;
 - 4 - O outro negociador analisa a proposta conforme seus critérios de utilidade e envia uma resposta informando se a mesma foi aceita ou não;
 - IF Proposta rejeitada THEN
 - IF negociadores querem continuar THEN
 - Go to step 3;
 - ELSE
 - Go to step 7;
 - END IF
 - ELSE
 - 5 - Negociadores trocam informações para negociação colaborativa;
 - 6 - Negociadores trocam propostas, procurando melhorar suas utilidades;
 - END IF
 - 7 - Negociadores avaliam o resultado geral da negociação, que é guardado em um histórico;
-

Os detalhes sobre cada item descrito acima estão bem estruturados no material apontado na bibliografia e serão também citados nas Seções que seguem. Perceba que para cada ação a ser tomada, existe a necessidade de um raciocínio, considerando conhecimentos sobre o domínio e motivações, o que justifica a presença de técnicas da IA como uma possível solução.

Conforme podemos ver no algoritmo em Algoritmo 1, o protocolo negociação é dividido em 4 etapas: Pré-negociação, Negociação, Negociação colaborativa e Avaliação geral da negociação. Veremos, em seguida, cada uma dessas etapas.

2.2.1. Pré-negociação -

Como sugere Ricardo Rubens [Filho 2004] em seu trabalho, a negociação deverá ser iniciada com uma pré-negociação onde os agentes definirão qual o objeto negociado e quais os atributos considerados na negociação. Preferências e restrições sobre o objeto negociado são combinados entre os negociadores, como foi mostrado na subseção 2.1..

Cada atributo c_i e a_i considerado na negociação sofrerá influência de um peso w_i (onde $\sum w_i = 1$) que representará o grau de importância do atributo na negociação. Desta

forma, por exemplo, um negociador poderá dar mais ênfase a atributos importantes, como *preço*, do que a outros, como *prazo de entrega*. Se as características do objeto negociado forem fixas e inegociáveis (e.g.: se o objeto for um livro específico), todos os pesos w_i referentes a c_i serão nulos.

O negociador também poderá solicitar alguns dados pessoais ao seu oponente, com a finalidade de trata-lo de forma diferenciada na negociação. $D = (d_1, d_2, d_3, \dots, d_n)$. Este por sua vez responderá com um conjunto $D' \subseteq D$.

2.2.2. Negociação Competitiva-

Aqui acontece a troca de propostas com o objetivo de encontrar um acordo entre as partes. Para que o acordo seja alcançado sem prejuízos, e para se medir o quão interessantes são as propostas geradas, faz-se necessária a existência de funções auxiliares [Faratin et al. 2002, Klein et al. 2003]. Assim, cada agente possui duas funções próprias, usadas constantemente na negociação:

- função de utilidade

Essa função avalia o quão útil é uma proposta. Segundo critérios definidos por cada negociador, e segundo o ajuste de cada peso w_i dos atributos envolvidos na negociação, a função utilidade U_T retorna um valor dentro do intervalo fechado $[0, 1]$.

$$U_T(P) = \sum_{i=1}^n w_i u_{ai}(P), \text{ onde } U_T(P) \in [0, 1] \quad (1)$$

Cada função u_{ai} calcula a utilidade um atributo individualmente, e $u_{ai}(P) \in [0, 1]$.

A restrição nos pesos w_i , vista na etapa da pre-negociação, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, garante que $U_T(P) \in [0, 1]$, já que cada função individual u_{ai} também define sua imagem no intervalo $[0, 1]$.

À cada função u_{ai} pode-se associar verificações de dados externos, ou ainda alguma técnica de raciocínio para que a utilidade seja tão dinâmica quanto as percepções do ambiente.

- função de similaridade

É a função baseada em similaridade fuzzy que calcula o grau de similaridade entre duas propostas retornando valores no intervalo $[0, 1]$. Duas propostas são similares quando os seus conteúdos (atributos e valores) são parecidos. O grau de similaridade é uma medida física de semelhança e não é influenciado pela utilidade das propostas. Assim, duas propostas poderão ter um grau de similaridade alto e possuírem utilidades diferentes e vice-versa.

Considerando as seguintes propostas, cada uma se referindo e composta por um único objeto:

$$R = \{r_{a1}, r_{a2}, \dots, r_{an}, r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{cm}\} \text{ e } S = \{s_{a1}, s_{a2}, \dots, s_{an}, s_{c1}, s_{c2}, \dots, s_{cm}\}$$

A função que calcula o similaridade entre dois atributos r_i, s_i é dada por: $sim(r_i, s_i) = 1 - |h_i(r_i) - h_i(s_i)| \in [0, 1]$, onde $h_i()$ é a função de similaridade para o i -ésimo atributo que retorna valores no intervalo $[0, 1]$.

Agora, a função $SIM()$, que calcula similaridade entre propostas, é definida como:

$$SIM(R, S) = \sum(w_i * sim(r_i, s_i)) \quad (2)$$

onde w_i é o peso pré-ajustado para cada atributo da negociação e $0 \leq SIM(R, S) \leq 1$.

O negociador tentará também inferir, através das informações D' fornecidas na pré-negociação e através das propostas trocadas na negociação, qual o perfil do seu cliente. O sucesso na identificação do perfil dependerá do quão experiente é o vendedor, ou seja, do conjunto de negociações armazenadas em seu histórico. O perfil do cliente trará informações ao vendedor como, por exemplo: o conjunto de pesos $w'_c \simeq w_c$, preferências pessoais sobre o produto, propostas ideais para pagamento.

Quando uma proposta P_1 é recebida, o agente negociador que a recebeu poderá tomar qualquer atitude das mencionadas no início desta subseção. Mas, para enviar uma outra proposta P_2 , o negociador deverá ter como base a proposta recebida e:

- gerar propostas P_{2i} com utilidade maior que a utilidade de P_1 ;
- escolher dentre as propostas P_{2i} geradas, a mais similar a P_1 ;
- enviar a proposta;

Esse processo se repete até que a negociação termine e é finalizado com um *acordo* ou não [Zeng and Sycara 1997, Klein et al. 2003] . Temos um acordo no processo de negociação quando uma proposta é aceita por ambas as partes [Jennings et al. 2001, Faratin et al. 2002]. Existem fatores que podem influenciar mudanças no comportamento e atitudes dos agentes negociadores: o tempo, dados do ambiente de negociação, análise do perfil do oponente [Faratin et al. 2002, Oprea 2002]. Uma atitude pode ser vista como uma ação do agente que influenciará a trajetória da negociação. São exemplos de atitudes: enviar ultimatos, encerrar a negociação, mudar a estratégia de negociação, enviar produtos alternativos, mostrar produtos correlatos.

Existe uma questão a ser resolvida na função de similaridade definida em (2): o conjunto de pesos w_i utilizado na escolha de uma proposta similar só permite ao negociador fazer comparações segundo o seu ponto de vista. Propostas escolhidas e interessantes para o negociador 1, podem não ser interessantes para o negociador 2. O negociador 1 deveria então conhecer ou tentar inferir qual o conjunto de pesos w_i é utilizado pelo negociador 2. Assim, para o negociador 1, uso de técnicas de extração de conhecimento para traçar o perfil do negociador 2 é decisivo para criação de boas propostas.

Agrupando perfis de negociadores por suas características e associando a esses perfis um conjunto adequado de pesos w_i , melhora-se as chances de que a proposta escolhida seja aceita pelo negociador concorrente. Retomando a exposição do parágrafo anterior, tentaremos encontrar o conjunto de pesos $w'_i \in B'$ que melhor represente, ou se assemelhe, com o conjunto de pesos $w_i \in B$.

2.2.3. Negociação colaborativa -

Se a negociação convergiu em um *acordo* [Zeng and Sycara 1997, Klein et al. 2003], esta etapa busca melhorar a utilidade da proposta de acordo para as duas partes, agora não mais como concorrentes e sim como colaboradores. Os negociadores tentarão encontrar uma proposta de acordo que maximize os seus interesses para que o negócio seja fechado da melhor forma possível. Observando a Figura 3 podemos identificar onde a questão da negociação será abordada: a região dos bons acordos é onde normalmente se encerra a negociação e queremos encontrar uma proposta na região dos ótimos acordos, onde normalmente temos limitações pelo tempo.

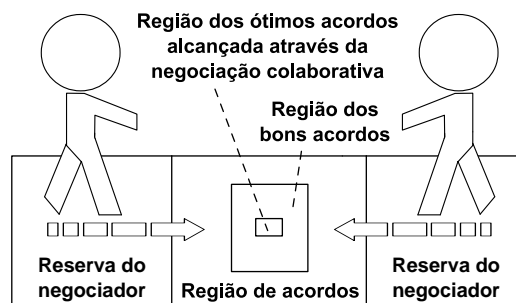


Figura 3. Convergência para um acordo

Encontrar o ponto de acordo ideal na região de bons acordos para cada agente nem sempre deverá ser uma tarefa fácil. Uma busca exaustiva pode não ser interessante pelo custo computacional e de tempo para isso [Klein et al. 2003]. Mesmo deixando de lado o propósito de um acordo ideal e perseguindo um acordo ótimo, deveremos ter problemas em selecioná-lo devido o grande fluxo de dados previsto para alcançá-lo. Aqui, um sistema de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) deverá contribuir para se obter um acordo ótimo de forma rápida e eficiente [Zeng and Sycara 1997].

Um conjunto de casos, representando a experiência do negociador, é constantemente usada, influenciando negativamente ou positivamente na decisão estratégica a ser seguida. A aprendizagem se dá com a inserção de novos casos, devidamente avaliados, no conjunto de casos. Em caráter colaborativo, os negociadores poderão fornecer, um ao outro, um subconjunto $A' \simeq A$ de pesos, representando algumas “variáveis de decisão” interessantes para um melhor acordo.

2.2.4. Avaliação geral da negociação

Aqui, um processo de avaliação classificará o quão foi boa a negociação (resultado geral) assim como o conjunto de técnicas utilizados para se alcançar esse resultado. Com base nos dados colhidos ao longo de várias negociações, utiliza-se algumas técnicas de IA para otimizar a negociação, por exemplo: raciocínio baseado em casos para escolher uma estratégia e minimizar o tempo gasto no processo [Wong et al. 2000]; data mining para propor produtos correlatos; Q-learning para reforçar o conjunto de pesos ideal para a elaboração de boas propostas. Na seção 3. veremos que o fruto dessa avaliação estará guardado como histórico, e ficará disponível ao agente negociador.

2.3. Modelo de um agente do SMA negociador

Entendendo o termo “conhecimento” como o conjunto de informações que influenciarão o negociador na sua decisão, um agente do SMA negociador pode ser visto internamente como mostra a Figura 4 e possui conhecimentos distintos e definidos. Cada agente possui, em potencial, as funcionalidades abaixo descritas:

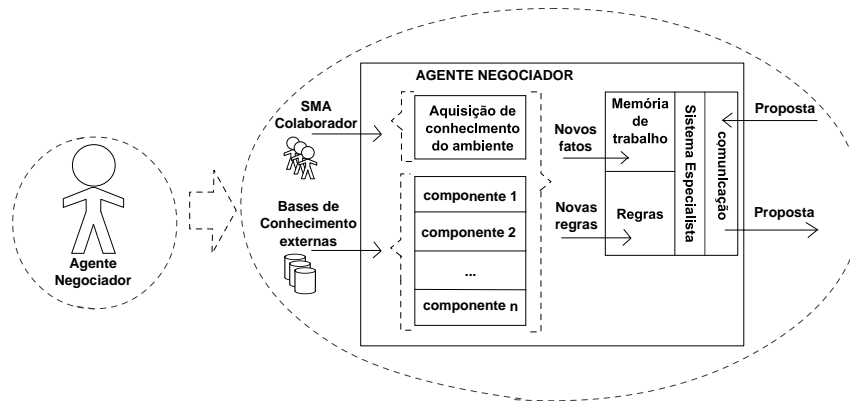


Figura 4. Modelo de um agente do SMA

- *Máquina de inferência:* é necessária uma máquina de inferência implementada em Java. Utilizamos o JESS (Java Expert System Shell) que é uma ferramenta que proporciona toda a estrutura para sistemas baseados em regras.
- *Conhecimento Ambiente:* aqui está representado todo o conhecimento do meio onde o negociador se encontra que é útil a ele.
- *Componente:* é o encapsulamento de uma técnica de extração de conhecimento (RBC, Redes Neurais, Q-Learning, Data Mining, etc), utilizada pelo negociador para a aprendizagem.
- *Memória de trabalho:* onde se encontram os fatos obtidos tanto do ambiente, como por componentes ou regras. Em geral, novos fatos podem desencadear novas ações a serem tomadas.
- *Regras:* estão as regras básicas para a negociação (configuradas a priori) e também novas regras acrescentadas por componentes que se utilizam da inteligência artificial.

O negociador também possui uma unidade para avaliação das propostas que se constitui de uma função que calcula a utilidade da proposta. Futuramente essa unidade de avaliação poderá se utilizar de outras tecnologias de raciocínio para uma precisão melhor na análise.

3. Arquitetura do SMA Negociador

Esta seção mostra como cada agente se comporta dentro do cenário do comércio eletrônico seguindo as especificações do protocolo proposto na seção anterior. Baseado na Figura 5, teremos:

- SMA Parceiro: é um agente que deve ser capaz de atender os seguintes requisitos:
 - Solicitar Autenticação: Um SMA Parceiro deverá conhecer a especificação de requisição de negociação para poder fazê-la, pois, o agente só conseguirá trocar propostas caso esteja devidamente autenticado.

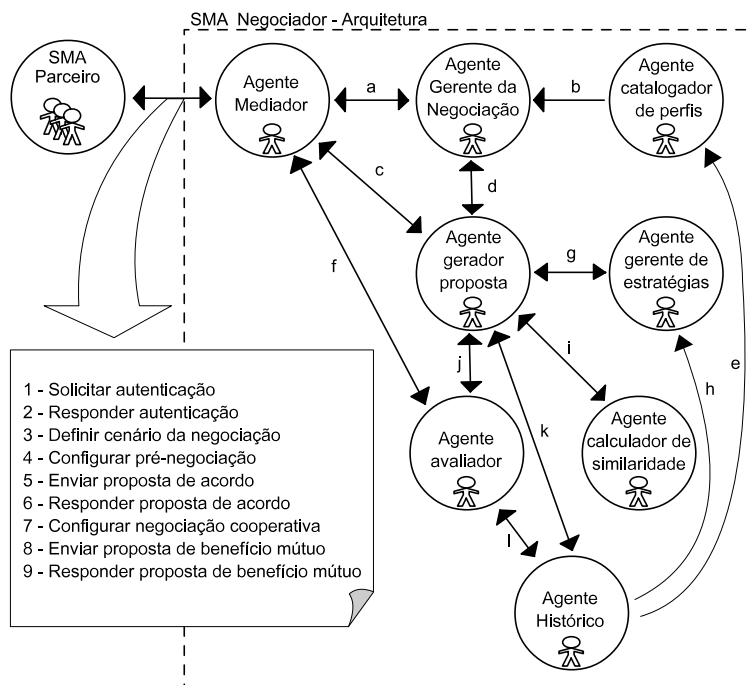


Figura 5. SMA Negociador - Arquitetura

- Definir Cenário da Negociação: Após ter recebido uma resposta positiva do agente negociador, o SMA Parceiro deverá definir sob quais variáveis de decisão a negociação deverá ocorrer.
- Enviar Proposta de Acordo: Um SMA Parceiro deverá ser capaz de propor dentro do escopo definido por ele próprio. Esse fato é possível ocorrer em dois momentos: na negociação competitiva e na negociação colaborativa. Só que as variáveis de decisão envolvidas poderão ser diferentes.
- Responder proposta de acordo: Após receber uma proposta vinda do agente negociador, o SMA Parceiro deverá enviar uma mensagem informando se a proposta foi aceita ou recusada. É importante notar que este evento pode ocorrer na negociação competitiva e colaborativa.
- Definir Cenário da Negociação Colaborativa: Depois de fechado um acordo na negociação competitiva, o SMA Parceiro terá que definir sob quais variáveis de decisão ocorrerá a negociação colaborativa.
- Agente Mediador
 - Responder Autenticação: O Agente Mediador repassará ao SMA Parceiro uma resposta, informando se foi ou não possível iniciar uma nova negociação com este. Além disso, em caso positivo, o agente também repassará uma lista com as possíveis variáveis de decisão que este poderá trabalhar.
 - Enviar proposta de acordo: O Agente Mediador poderá enviar propostas tanto na fase de negociação competitiva quanto na fase de negociação colaborativa. Essa proposta segue as especificações impostas pelo parceiro.
 - Responder proposta de acordo: Como o Agente Mediador também pode receber propostas do SMA Parceiro, este também deverá avaliá-la informando se a proposta é aceita ou recusada.

- Repassar Solicitação de Autenticação: Solicitar ao *Agente Gerenciador de Negociação* a autenticação de algum parceiro para iniciar uma negociação (fluxo “a” da Figura 5).
 - Solicitar Avaliação: Este agente pedirá ajuda para avaliar o nível de satisfação de uma proposta recebida por algum dos parceiros (fluxo “f” da Figura 5).
 - Solicitar Nova Proposta: Caso a avaliação de uma proposta recebida seja ruim ou uma proposta enviada seja recusada, este agente solicitará ao *Agente Gerador de Proposta* (fluxo “c” da Figura 5) uma outra para enviar ao seu parceiro.
- *Agente Gerente da Negociação*: este agente é responsável por armazenar o status de cada negociação que estiver sendo executada. Ele também recebe informações sobre perfis existentes pelo *Agente Catalogador de Perfis* (fluxo “b” da Figura 5), juntamente com o seu nível de credibilidade.
 - *Agente Gerador de Proposta*: Este agente é responsável por gerar uma boa proposta para uma negociação, consultando o *Agente Gerente de Estratégias* sobre qual a melhor estratégia a ser utilizada na elaboração da proposta (fluxo “g” da Figura 5).
 - *Agente Avaliador*: Este agente é responsável por avaliar o quanto uma determinada proposta é satisfatória em um dado momento (fluxos “f” e “j” da Figura 5).
 - *Agente Histórico*: Este agente é responsável por guardar o histórico de cada ação tomada pelo agente. Ele sempre notificará aos *Agentes Gerente de Estratégias* e *Catalogador de Perfis* (respectivamente, os fluxos “h”, “l” e “e” da Figura 5).
 - *Agente Catalogador de Perfis*: Este agente é capaz de identificar perfis parceiros sob várias ópticas, e ao mesmo tempo informar com que nível de credibilidade este poderá ser mapeado a um determinado cliente.
 - *Agente Calculador de Similaridade*: Este agente será responsável por avaliar o quanto duas propostas são similares, dado quais critérios serão avaliados e o quanto cada um desses critérios são relevantes para essa avaliação (fluxo “i” da Figura 5).
 - *Agente Gerente de Estratégias*: Este agente será responsável por deduzir uma estratégia de abordagem que provavelmente será mais eficaz na negociação.

4. Aprendizagem de Máquina

Um dos motivos de usarmos a abordagem multi-agente, é que pode-se inserir técnicas de inteligência artificial separadamente, através de agentes, e assim otimizar todo o sistema. Na negociação a aprendizagem está presente na elaboração de propostas, classificação do cliente, gerenciamento da negociação e em qualquer outro processo associado à um agente visto na Seção 3..

O agrupamento de perfis veio para ajudar a identificar a estratégia a ser utilizada. O *Agente Catalogador de Perfis* é responsável por essa classificação em grupos, será mostrado aqui como é seu modelo de aprendizagem. Este agente utiliza um conjunto de dados de negociações passadas para aprender sobre esses grupos a serem classificados. Utilizamos uma Rede Neural SOM, para identificar esses perfis, pelo seu alto poder de generalização após treinada [Haykin 2001]. Como em cada novo domínio de negócio a rede deverá ser treinada, deveremos sempre usar as n primeiras negociações ocorridas

para treinar a rede. Além disso, o agente também deverá treinar a rede periodicamente para que ela aprenda com os novos casos. Após treinada, a rede é capaz de identificar rapidamente um novo conjunto de entrada dentre os n perfis gerados. O agente, interessado em fazer sua classificação, tem como base dados pessoais dos clientes associados às características do objeto negociado. A utilização dos conjuntos w_i de pesos de cada proposta poderá ser utilizado futuramente, para isso será necessário um tratamento para identificação do padrão de variação em cada negociação. O processo de aprendizagem do *Agente Catalogador de Perfis* e a utilização dessa aprendizagem pode ser vista no Algoritmo 2

Algoritmo 2 Aprendizagem na identificação de Perfis

```

1 - Obtenção das primeiras  $n$  negociações no histórico;
2 - Definir a quantidade  $q$  de perfis para aprendizagem;
3 - Utilizar uma rede SOM com  $q$  neurônios de saída e utilizar o conjunto  $n$  de negociações no histórico para treinamento;
4 - Receber um novo caso e classifica-lo como um dos  $q$  perfis;
5 - Utilizar o conjunto de estratégias associadas ao perfil;
6 - No final de negociação, adicionar o novo caso no histórico;
7 - IF O numero de novos casos no histórico justificam treinamento
    THEN Go to Step 3
    ELSE Go to Step 4;
```

5. Exemplo prático no ambiente

Para ilustrar como o ambiente é aplicado em uma negociação automatizada, utilizamos um cenário com negociação de veículos onde uma suposta empresa *Carnaval Cars* conferiu ao SMA Negociador a missão de negociar seus veículos. Na tabela 1 segue alguns modelos disponíveis com suas respectivas características: Categoria, potência, Consumo¹, Porta Malas², Desvalorização³, Manutenção⁴.

| | Categoria | Potência | Consumo | Porta-malas | Desvalorização | Manutenção | Preço Mínimo |
|---------|-----------|----------|---------|-------------|----------------|------------|--------------|
| Model A | little | 75 | 12.8 | 210 | 7.20 | 1254.00 | 29350 |
| Model B | little | 111 | 11.9 | 160 | 2.86 | 1376 | 32322 |
| Model C | Sedan | 136 | 14.0 | 380 | 7.83 | 2240 | 68260 |
| Model D | Sedan | 121 | 13.5 | 370 | 2.01 | 1891 | 41500 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Tabela 1. Modelos e características

- Pré-negociação

Considere *comprador* e *vendedor* como a instanciação de um SMA parceiro e SMA Negociador, respectivamente. Considere também que comprador já sabe que vendedor é um negociador de automóveis.

O vendedor solicita alguns dados pessoais ao comprador: $D = \{E\text{-mail}, Idade, Estado\ civil, Endere\c{c}o, Profiss\c{o}o, Renda\}$. O comprador responde parcialmente com as seguintes informações: $D' = \{ Idade=40, Estado\ civil=casado, Profiss\c{o}o=professor\}$.

¹Representa o consumo médio do veículo em termos de quilômetros por litro.

²Volume em litros do porta mala

³Taxa anual de desvalorização do veículo

⁴Representa o preço de compra avulsas das peças básicas de manutenção de um veículo

O vendedor fornecerá uma lista com as características do objeto que podem ser consideradas no negócio: $C = (Categoria, Potência, Consumo, Porta-malas, Desvalorização, Manutenção)$, e uma outra lista com os possíveis atributos na negociação: $A = \{Preço, Prazo de entrega, Condições de pagamento, Garantia\}$. O comprador respondeu dizendo que deseja negociar em cima dos subconjuntos $C' = (Potência, Consumo, Porta-malas)$ e $A' = (Preço, Condições de pagamento, Garantia)$. Assim, o objeto da negociação será $O = (C', A')$.

Cada um dos negociadores ajustará a importância que terá cada item do objeto da negociação. Assim, o vendedor ajusta seus pesos para $w_v = (0.0, 0.0, 0.0, 0.7, 0.2, 0.1)$ e o comprador para $w_c = (0.1, 0.1, 0.2, 0.3, 0.1, 0.2)$.

- **Negociação competitiva**

O comprador então fornecerá a sua primeira proposta $P_1 = ((Potência=100, Consumo=14.0, Porta-malas=350), (Preço=35000, Condições de Pagamento=48meses, Garantia=24meses))$

O vendedor infere, através de $D' \cup P_1$, que o perfil do seu cliente pertence ao grupo que: tem 3 pessoas na família, não necessitam de detalhes esportivos, e têm renda média-baixa. E, esse grupo de pessoas prefere sempre utilizar um conjunto de pesos $w'_c = (0.1, 0.2, 0.1, 0.4, 0.1, 0.1)$.

O vendedor também calcula a utilidade da proposta enviada pelo comprador e utilizando o conjunto de pesos w'_c gera propostas úteis para ele. Depois disso, utilizando a função de similaridade, o vendedor escolhe a proposta P_n mais semelhante a P_1 para utilizá-la como contra-proposta P_2 .

O vendedor responde rejeitando P_1 e propondo P_2 .

$P_2 = ((Potência=121, Consumo=13.5, Porta-malas =370), (Preço=42000, Condições de pagamento=60meses, Garantia=24meses))$

O comprador, segundo seus critérios, aceita a proposta P_2 e o negócio está fechado.

- **Negociação colaborativa**

O vendedor envia um conjunto de pesos para o cliente $w'_v = (-, -, -, 0.8, -, 0.2)$, que em outras palavras significa que o comprador pode ganhar uma boa garantia se pagar um pouco mais.

O comprador cria a proposta P_3 com uma utilidade melhor pra ele: $P_3 = ((Potência=121, Consumo=13.5, Porta-malas=370), (Preço=42500, Condições de pagamento= 60meses, Garantia=36meses))$

O vendedor avalia calculando a utilidade da proposta P_3 , conclui que esta é melhor que P_2 e aceita a substituição da proposta no acordo. Essa troca de acordos poderá ocorrer até que $U_T(P_n) \geq U_T(P_{n+1})$.

- **Avaliação e aprendizagem**

O vendedor faz uma avaliação do sucesso da negociação comparando-a com outras anteriores. O conjunto completo das informações pessoais, pesos finais e sequência de propostas na negociação é usado para alimentar o histórico.

Depois de inúmeras negociações o agente estará com um histórico razoavelmente grande de transações que este poderá inferir características e tendências sobre como abordar de maneira mais eficaz os novos possíveis parceiros de negócios, graças a combinações de técnicas de q-learning, mapas auto organizáveis e RBC.

Como visto na seção 3., o *Agente Avaliador*, o *Agente Gerador de Proposta* e o *Agente Mediador* armazenam suas propostas recebidas e enviadas no *Agente Histórico*

o qual é capaz de armazenar as propostas sob duas ópticas. A primeira é organizar em seqüência, as propostas recebidas pelos SMA's Negociador, pois, parte-se do pressuposto que tais propostas, que podem não ter uma utilidade razoável para o SMA vendedor, possuem uma utilidade satisfatória para o SMA Parceiro. A segunda seqüência é dada pelas propostas aceitas pelo SMA parceiro, mas que foram produzidas pelo SMA Vendedor. Então, dado um conjunto de perfis, fornecido pelo *Agente Catalogador de Perfis*, identificam-se quais atributos possuem valores similares entre as propostas enviadas pelo SMA Parceiro, mas recusada pelo SMA Negociador, e nas propostas enviadas pelo SMA Negociador e aceitas pelo SMA Parceiro. Por exemplo, pode ser visto que para homens idosos, os atributos de objeto referente a segurança de veículo possuem valores similares entre os dois grupos de propostas, por isso, no momento do cálculo de questões de similaridade entre duas propostas, deverão ser levadas em consideração, em uma escala maior, tais atributos.

6. Trabalhos Relacionados

Alguns trabalhos têm contribuído na aproximação do modelo de negociação eletrônica ao modelo real. Em [Fatima et al. 2004], foi produzido um ambiente onde os agentes podem tomar decisões sobre como ofertar em um ambiente de incerteza tomando como base um modelo estatístico. Essas inferências são possíveis porque é disposto um histórico de negociações realizadas e apenas concluídas com sucesso. Cada agente pressupõe que seu oponente possui o mesmo modelo de tomada de decisão utilizado por ele, e assim, que o agente infira de maneira correta. Por outro lado, em [Bartolini et al. 2004] um conjunto de agentes é utilizado no propósito de especificar e gerenciar as regras que regem um determinado tipo de negociação. Porém, este trabalho não se preocupa em especificar os comportamentos dos agentes e por isso, não trouxe avanços para os agentes cognitivos no SMA.

7. Trabalhos Futuros

Este ambiente traz como grande contribuição, facilitação de testes em pesquisas relacionadas ao comércio eletrônico. Como trabalho futuro, podemos citar a construção novos componentes que implementam técnicas de IA não abordadas aqui, o que possibilitará o estudo mais profundo da comparação de técnicas e estratégias de negociação. Propomos também, a incorporação de mais componentes geradores de informação, que captem melhor as mudanças no ambiente, e a criação de uma máquina de inferência própria.

Referências

- Bartolini, C., Preist, C., and Jennings, N. R. (2004). A Software Framework for Automated Negotiation. In Choren, R., Garcia, A., Lucena, C., and Romanovsky, A., editors, *Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems*, volume 3390 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 213–235. Springer-Verlag.
- Faratin, P. (2000). *Automated Service Negotiation Between Autonomous Computational Agents*. (phd thesis), University of London, London.
- Faratin, P., Sierra, C., and Jennings, N. R. (2002). Using Similarity Criteria to Make Issue Trade-offs in Automated Negotiations. *Artificial Intelligence*, 142(2):205–237.

- Fatima, S. S., Wooldridge, M., and Jennings, N. R. (2004). An Agenda Based Framework for Multi-issues Negotiation. *Artificial Intelligence*, 152(1):1–45.
- Fatima, S. S., Wooldridge, M., and Jennings, N. R. (2005). Bargaining with incomplete information. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 44(3):207–232.
- Filho, R. R. G. N. (2004). (um modelo de sistema multi-agente para negociação automatizada no comércio eletrônico: Foco na empresa.). (dissertação de mestrado), Universidade Federal de Campina Grande.
- Haykin, S. (2001). *Redes Neurais: Princípios e Prática*. Bookman, 2 edition.
- Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A. R., Parsons, S., Wooldridge, M., and Sierra, C. (2001). Automated Negotiation: Prospects Methods and Challenges. *Group Decision and Negotiation*, 10(2):199–215.
- Klein, M., Faratin, P., Sayama, H., and Bar-Yam, Y. (2003). Protocols for Negotiating Complex Contracts. *IEEE Intelligent Systems*, 18(6):32–38.
- Oprea, M. (2002). An Adaptive Negotiation Model for Agent-Based Electronic Commerce. In *Studies in Informatics and Control*, volume 11, pages 271–279.
- Sardinha, J. A. R. P., Milidiú, R. L., Paranhos, P. M., Cunha, P. M., and de Lucena, C. J. P. (2005). An agent based architecture for highly competitive electronic markets. In Russell, I. and Markov, Z., editors, *FLAIRS Conference*, pages 326–332. AAAI Press.
- Wong, W. Y., Zhang, D. M., and Kara-Ali, M. (2000). Negotiating With Experience. In *CSIRO Mathematical and Information Sciences*.
- Zeng, D. and Sycara, K. (1997). Benefits of Learning in Negotiation. In *Proceedings of the 14th National Conference on Artificial Intelligence and 9th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference (AAAI-97/IAAI-97)*, pages 36–42, Menlo Park. AAAI Press.