

Um ambiente de suporte a negociações eletrônicas automatizadas utilizando ontologias e regras de produção

Alan Silva
Instituto de Computação
Universidade Federal de
Alagoas
Maceió - AL - Brasil
alan@tci.ufal.br

Rômulo Oliveira
Campus Arapiraca
Universidade Federal de
Alagoas
Arapiraca - AL - Brasil
romulo@dsc.ufcg.edu.br

Ig Ibert
Instituto de Computação
Universidade Federal de
Alagoas
Maceió - AL - Brasil
ibert@tci.ufal.br

RESUMO

Negociação automatizada no contexto do comércio eletrônico é um tema atual no cenário da Inteligência Artificial, tendo destaque importante entre pesquisadores de todo mundo. Neste trabalho é proposto um ambiente como uma nova solução para negociação automatizada entre agentes, oferecendo várias facilidades comumente encontradas em negociação real, que estão consolidadas em propostas atuais. Nesse sentido, foram introduzidas características, tais como: Ambiente para negociação automatizada aberto e flexível “a qualquer” tipo de agente; independência do seu mecanismo de tomada de decisão em relação a negociação, por parte dos agentes negociadores; desacoplamento do conhecimento acerca das estratégias de negociação e objetivos do agente de linguagens de programação; suporte a construção de agentes inteligentes atribuídos de aspectos cognitivos robustos. Como uma tentativa de validação dos resultados obtidos, foi feita uma simulação que mostrou que o modelo proposto é realmente viável e que de fato torna um ambiente de negociação virtual mais factível.

1. INTRODUÇÃO

A questão macro que permeia boa parte das pesquisas no tema negociação automatizada é a de viabilizar o processo de negociação automatizada no contexto do comércio eletrônico, tentando aproximá-lo do que ocorre no comércio tradicional.

No geral, os problemas de negociação automatizada são complexos e suas soluções são sofisticadas, exigindo que algumas questões sejam ponderadas e resolvidas de maneira integrada, tais como: (1) Quais são as possíveis ações que um determinado agente poderá tomar em nome de uma empresa ou um indivíduo? (2) Quando estas ações poderão ou de-

verão ser executadas? (3) Sob qual vocabulário estes agentes irão dialogar? (4) Como estes agentes irão inferir sobre que determinada ação será a melhor para um determinado momento da negociação? (5) Qual o tipo de ambiente que esta máquina está inserida?

Soluções mais tradicionais [4, 3, 5, 7] tentam resolver parcialmente esses problemas. Porém não contemplam o processo de negociação como um todo, ou seja, as soluções existentes tendem a observar um aspecto restrito do processo completo de negociação, o que faz com que soluções bastante relevantes não possam ser utilizadas de maneira unificada, pois, são soluções criadas “sob encomenda” a um determinado contexto [9].

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi elaborar um ambiente de software de apoio à negociação automatizada com as seguintes características:

- Desenvolvimento de um ambiente de negociação automatizado que dê suporte aos mais variados modelos de negociação existentes, juntamente com suas respectivas estratégias de negociação. Com isso, será possível que modelos diferentes sejam integrados, aproximando dessa forma, a negociação automatizada a modelos do mundo real;
- Ambientes de negociação abertos e flexíveis, pois, em ambientes de negociação do mundo real, o número de compradores e vendedores, ou, a oferta e a procura de produtos ou serviços, pode ser alterado conforme o tempo. Além disso, o número de vendedores e compradores pode precisar ser dinâmico, e dessa forma, a maneira como cada um desses agentes atua em uma negociação pode possuir características bastante específicas e/ou sofisticadas [10]. Também, estes agentes podem possuir uma variação bastante irregular na maneira de ofertar ou contra-ofertar seus produtos ou serviços, justificando a necessidade de não restringir o mecanismo de tomada de decisão de um agente negociador;
- Escalabilidade no agente negociador tanto nas estratégias de negociação como na quantidade de domínios de negócio que este esteja envolvido: Com

isso, um agente negociador poderá ser programado não com o objetivo de efetuar uma compra específica de um determinado produto, mas com um objetivo maior de adquirir ou despachar uma quantidade indeterminada de produtos, que pode possuir um grande número de combinações, da maneira mais otimizada possível;

- Fazer com que o mecanismo de inferência do agente seja suportado por mecanismos de aprendizagem de máquina sofisticados: A idéia é aproveitar as experiências obtidas em negociações anteriores, tornando o agente negociador mais eficiente em futuras negociações.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos propostos em [9], [2] e [5] trouxeram avanços significativos no tema negociação automatizada no comércio eletrônico, porém, alguns aspectos devem ser considerados.

Primeiramente, em Bartolini [2], é proposto um ambiente aberto de negociação automatizada. Esse ambiente é baseado em mecanismos centrais de negociação, as quais controlam todo o funcionamento de um ambiente de negociação, inclusive as condições necessárias para se realizar um acordo. Esse é um problema, pois as condições as quais os agentes (vendedor ou comprador) têm para realizar um acordo podem possuir restrições bastante individualizadas e extremamente variáveis em relação ao tempo.

Além disso, no trabalho proposto por Bartolini [2] não existe nenhum suporte a construção de agentes negociadores, a verdade é que os projetistas dos agentes terão de conhecer as regras da negociação, e implementá-las diretamente dentro de seus agentes, para cada implementação possível de um mecanismo de negociação.

Ainda, as condições para a realização de um acordo são todas pré-definidas e existe apenas um objeto de negociação envolvido em todas as negociações, que está previamente explicitamente especificado. Com isso, é diminuído o poder de barganha entre os agentes negociadores envolvidos, pois, não será possível ao agente negociar a especificação dos produtos sobre condições de negociação diferentes.

Tamma [9] tenta diminuir esse problema de acoplamento entre um determinado agente negociador e um domínio específico de negócio, utilizando ontologias. Tamma [9] propõe atribuir a uma única ontologia a responsabilidade de modelar todos os protocolos de negociação, e dessa forma, dado que um agente entre em um determinado mercado eletrônico, este agente será capaz de negociar sem ter de ser feito algum tipo de ajuste prévio dentro do agente. O primeiro problema é que, caso exista um mercado eletrônico com um protocolo de negociação diferente dos não previstos na ontologia, o agente não será capaz de negociar, por que não foi feita uma pré-implementação. Em segundo lugar, para domínios de negócios que necessitem de um poder de expressividade maior, com muitos termos e intenções diferentes, tornaria essa única ontologia, uma ontologia sem coesão, dado que ela teria de tratar muitos termos de assuntos não relacionados. Em Rômulo Oliveira [8] houve grandes avanços na determinação de um ambiente, por outro lado, não foi proposto questões relacionados a ontologia como me-

canismo de prover fácil interação entre agentes de qualquer tipo.

3. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE

Em princípio, uma negociação automatizada é vista como um jogo, onde os participantes interagem uns com os outros, com o objetivo de alcançar um acordo. No contexto deste trabalho, cada um dos agentes que estão negociando serão referenciados como agentes negociadores. Por outro lado, como será detalhado em seguida, cada um desses agentes negociadores podem se tornar em uma estrutura complexa, e portanto, suas atividades poderão ser divididas entre outros agentes.

Portanto, um aspecto importante a ser levado em consideração é que um agente negociador, no ambiente proposto nesse trabalho, é representado por sistema multiagente, que de forma integrada e coesa, atuam em nome de uma única entidade (que pode ser uma empresa, uma organização, um indivíduo e assim sucessivamente).

Na Figura 1 está representada uma visão dessa discussão. Nela pode-se encontrar dois agentes negociadores, que estão lado a lado buscando realizar um acordo baseado em uma seqüência de interações. Essas interações podem ocorrer das mais variadas formas, assim como as interações entre negociadores humanos.

Além disso, é muito comum que durante a interação entre dois agentes, chamado nesse trabalho de processo de negociação, seja necessário que informações sobre o ambiente externo possam ser conhecidas. Assim, a interação entre os agentes pode possuir uma riqueza maior em detalhes em nível de conhecimento, aumentando, portanto, as chances de um agente negociador conseguir maior êxito na conclusão de seus objetivos. Por exemplo, esse conhecimento poderia ser a cotação do barril de petróleo, a cotação de moedas estrangeiras, previsão de chuva.

Uma primeira consideração que deve ser feita sobre o ambiente proposto neste artigo, é que parte dessas informações ou conhecimento devem ser compartilhadas para que agentes negociadores entendam uns as outros dentro de suas interações, tanto de forma sintática como semântica. E para isso foi feito o uso de ontologias.

As ontologias são utilizadas neste trabalho como forma de expressar o conhecimento sobre domínios de negócios, como por exemplo, domínio de negócios sobre veículos, ou, domínio de negócios sobre livros. Então, se dois agentes quiserem negociar a venda/compra de veículos, se faz necessários que os agentes tenham um conhecimento prévio sobre a mesma ontologia do domínio de negócios de automóveis.

Seguindo essa linha de raciocínio, foi proposto o ambiente de negociação descrito neste trabalho. Este ambiente, em um nível mais abstrato, pode ser visto com apenas três tipos de entidade: agentes negociadores, agentes certificadores de negociação e a central de ontologias (A Figura 2 representa uma imagem do ambiente, contento um agente de cada tipo).

O agente central de ontologias é responsável por comparti-

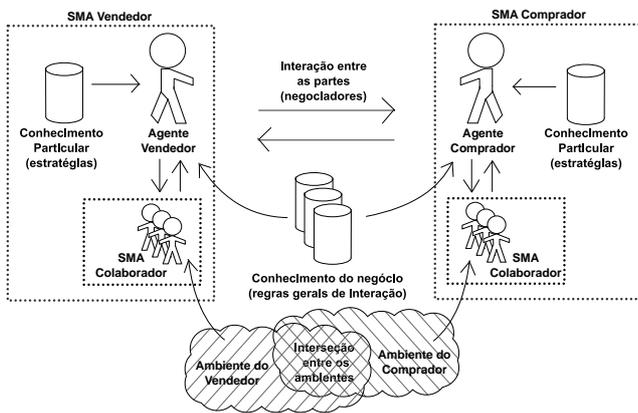


Figura 1: Visão de um Ambiente de Negociação

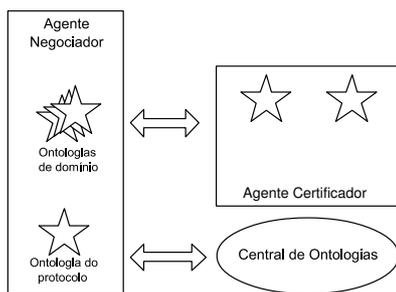


Figura 2: Arquitetura geral do Ambiente

lhar as ontologias inerentes a cada tipo de negociação, entre todos os agentes negociadores existentes. Novamente, na prática, para que um determinado agente possa negociar em um determinado domínio, é necessário que este agente conheça os termos ou vocabulário utilizados no domínio de negócio que um agente precise negociar, além das possíveis regras/restrições referentes também ao domínio.

Por outro lado, para que as regras possam ser realmente respeitadas dentro dos ambientes de negociação, se faz necessário que algumas entidades façam o gerenciamento/administração do cumprimento delas. Essas entidades são concebidas através de agentes certificadores.

Todo o funcionamento dos agentes certificadores são baseados em regras¹, de forma que o conhecimento a cerca do gerenciamento de negociações são expressos em um formalismo próximo a especialistas do domínio do negócio. Também isso se faz necessário porque nem todo o conhecimento a respeito da negociação pode ser expresso em uma ontologia, pois existem restrições bastante complexas, que exigem um conjunto de regras que devem ser elaboradas para que tais restrições possam ser suportadas[2].

O certificador também possui a tarefa de ser um concentrador de todas as mensagens trocadas entre todos os agentes de todos os diferentes papeis de um determinado domínio de negócio. Essa característica possui a vantagem de delegar a implementação do mecanismo de gerenciamento

¹Utilizando o suporte oferecido pelo sistema especialista Jess para construção de sistemas baseados em regras

do protocolo de negociação para o agente certificador. Com isso, as regras são implementadas uma única vez, de outra forma, cada agente teria de implementar seu próprio mecanismo de controle do protocolo. Para que isso aconteça, é necessário que o certificador conheça a ontologia geral de protocolos de negociação e a ontologia específica do domínio de negociação que o certificador irá gerenciar.

Por último, o agente negociador poderá atuar em vários papéis definidos em cada ontologia de cada negociação. Este agente possui uma arquitetura interna como um sistema multiagente. Novamente, o que pode acontecer, é que este agente pode possuir bastante entidades autônomas, mas, interdependentes, que interagem com o objetivo maior de representar a sua entidade negociadora maior.

3.1 Protocolo de Negociação

Para que um agente negociador possa se comunicar com outros agentes negociadores, além de um meio físico de comunicação, se faz necessário que estes agentes conheçam sob quais condições e/ou termos os negociadores irão negociar. No ambiente proposto neste trabalho, está sendo considerado que os agentes negociadores participantes são comportados, isto é, os agentes não possuem características deslealistas na comunidade, ou seja, não enviam “lixo” ou mensagens fora dos padrões pré-estabelecidos dentro da ontologia. Portanto, é proposto um protocolo simples de negociação, de forma que seja simples a maneira como os modelos e/ou domínios de negociação são introduzidos no ambiente. Esse protocolo é expresso em uma ontologia, conforme está representada pela Figura 3, onde, as entidades envolvidas são:

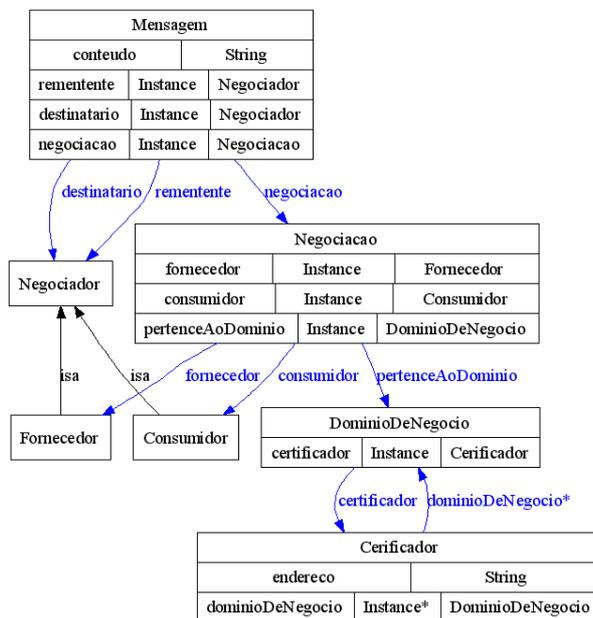


Figura 3: Ontologia que descreve o Protocolo de Negociação

- Mensagem: As mensagens representam a forma como os agentes negociadores irão trocar informações dentro

do ambiente de negociação. Então, para que um negociador envie uma mensagem a algum outro negociador, é necessário que este envie uma mensagem ao seu respectivo agente certificador. Para isso, basta que um agente gerenciador de negociação, informe ao agente mediador, uma mensagem no padrão especificado pela ontologia, e esta mensagem irá ser enviada adequadamente ao respectivo agente certificador, o qual a encaminhará para o agente negociador de destino. Conforme esta descrito na Figura 3, uma mensagem deve conter: o remetente da mensagem, o destinatário da mensagem, um conteúdo no formato texto (*String*) e a negociação que os dois agentes estão negociando. Esse conteúdo deve representar algum termo específico de um domínio de negócio;

- **Negociação:** Apesar do ambiente proposto neste trabalho proporcionar a oportunidade do agente negociador atuar simultaneamente em várias negociações, com vários negociadores, com vários domínios de negócio, as negociações são vistas de forma individualizada e bilateral entre os agentes negociadores. Em outras palavras, uma negociação representa uma troca de mensagens entre dois agentes negociadores apenas, sendo abstraído, em primeira instância, a existência de agentes negociadores concorrentes. Essa característica deve-se ao fato da necessidade de criar um modelo simplificado que possa suportar um grande número de modalidades de negociação. Assim, caso seja necessário que as informações inerentes as negociações que estão ocorrendo em paralelo e do mesmo domínio sejam compartilhadas entre as negociações de um mesmo agente, faz-se necessário que a ontologia do domínio dê algum tipo de suporte. Portanto, no ambiente proposto nesse trabalho, uma negociação é representada por um fornecedor e um consumidor que estão vinculados a um modelo de negociação;
- **Domínio de Negócio:** Cada ambiente de negociação deve suportar um número indeterminado de domínios de negócio, tais como: pacotes de turismo, veículos, motos, livros. Isso é importante para que agentes possam ser programados com um objetivo maior de fazer uma série de compras e vendas de forma interdependente. Além disso, como veremos adiante, cada domínio de negócio é representado por uma outra ontologia, o qual será importante na complementação da ontologia do protocolo de negociação;
- **Certificador:** Cada certificador é responsável por administrar a troca de mensagens entre os agentes negociadores. O “próprio” ambiente é capaz de distribuir o endereço dos agentes, dessa forma, a ontologia sempre estará atualizada com os devidos endereços dos agentes negociadores. Para que isso aconteça, estamos pressupondo um prévio cadastro de um entidade junto ao ambiente de negociação.

Dado essa ontologia, basta que as mensagens entre dois agentes negociadores sejam criadas sob o formato definido na ontologia e encaminhá-la ao certificador daquela mensagem. Esse trabalho é feito em conjunto com o agente mediador particular a um agente negociador e o respectivo

negociador. Segue abaixo, os tipos de mensagens possíveis com as suas devidas interpretações:

- **ConviteParaNegociação:** Uma mensagem deste tipo quer dizer que o remetente de origem está convidando o destinatário a participar de uma negociação sob um determinado tipo de negócio. Esta mensagem representa a primeira mensagem enviada por um dos pares da negociação.
- **RespostaConvite:** Uma mensagem desse tipo representa uma resposta a um dado convite de solicitação, o qual possui os seguintes tipos:
 - **ConviteNegado:** Caso o agente que recebeu o convite não tenha interesse em entrar em um processo de negociação com o agente que enviou o convite;
 - **ConviteAceito:** Caso o agente que recebeu o convite tenha interesse em entrar em um processo de negociação com o agente que enviou o convite.
- **Proposta:** A partir do momento que existe uma negociação entre dois agente negociadores, os agentes devem enviar propostas referente a essa negociação. Essas propostas devem ter em seu conteúdo um produto devidamente preenchido, segundo a ontologia do domínio de negócio em questão;
- **RespostaProposta:** Para cada proposta enviada por um dos lados da negociação, o outro agente deveria responder a essa proposta, dando uma avaliação sobre ela. Não necessariamente essas respostas são enviadas, mas, por outro lado, é natural que cada agente só envie uma segunda proposta, dado que ele tenha recebido a resposta de uma proposta anterior, pois, se o agente enviar sucessivas propostas independente das respostas, o agente perderá seu poder de barganha. Os tipos especializados de respostas são:
 - **Aceitar:** Essa mensagem indica que o agente negociador que recebeu a proposta aceitou a proposta e a negociação deverá ter sido encerrada;
 - **Rejeitar:** Essa mensagem indica somente que o agente negociador que recebeu a proposta não aceitou a proposta;
 - **EnviarContraPropostas:** Essa mensagem indica que o agente que recebeu a proposta não a aceitou e deseja enviar uma contra proposta;
 - **SairDaNegociação:** Essa mensagem indica que o agente negociador que a enviou deseja sair da negociação.

3.2 Arquitetura de um Agente Negociador

A arquitetura de um dos agentes do negociador está representada na Figura 4, onde estão destacados os possíveis componentes de cada uma das entidades, relacionadas à tomada de decisão ou aprendizagem. O objetivo desta subseção é mostrar a estrutura do arcabouço para criação do SMA Negociador, como agentes inteligentes, que poderão fazer uso de técnicas da IA disponíveis.

Entendendo o termo “conhecimento” como o conjunto de informações que influenciarão o negociador em suas decisões,

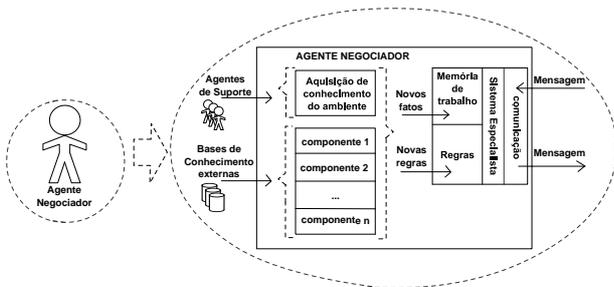


Figura 4: Arquitetura do SMA Negociador

na Figura 4, observamos que um agente negociador possui conhecimentos distintos e definidos:

- *Conhecimento do Ambiente:* aqui está representado todo o conhecimento do meio onde o negociador se encontra e 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 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.

4. MAPEAMENTO DA ONTOLOGIA

O ambiente foi construído integralmente utilizando o suporte oferecido pelo framework JADE [1] em desenvolvimento de sistemas multiagentes e o Jess [6], que dá suporte ao desenvolvimento de sistemas baseados em regras, e acima de tudo, dá o suporte a inferência em conhecimento baseado em ontologias.

Inicialmente, para que um determinado agente negociador possa ser projetado para ingressar no ambiente (negociando em algum domínio de negócio), faz-se necessário que o projetista do agente negociador (que pode ser um engenheiro de conhecimento e/ou um especialista na negociação de um domínio específico de negócio) tenha um conhecimento prévio sobre os possíveis tipos de mensagens envolvidos na negociação.

Nas Figuras 5 e 6 estão representados os mapeamentos entre a ontologia para a linguagem Jess. Portanto, qualquer mensagem que seja trafegada no ambiente entre dois agentes, deverão ser criadas a partir deste “molde”, que na verdade são templates de fatos fornecidos pela linguagem Jess.

Na Figura 5 está expresso que um *ConviteParaNegociacao* deve ser criado com o endereço do remetente e do destinatário da mensagem. Esses endereços dos agentes negociadores são fornecidos pelo próprio ambiente.

```
(deftemplate ConviteParaNegociacao
  (slot remetente)
  (slot destinatario)
  (slot negociacao)
  (multislot conteudo)
)
```

Figura 5: Mapeamento do *ConviteParaNegociacao* para templates Jess.

```
(deftemplate Proposta
  (slot remetente)
  (slot destinatario)
  (slot negociacao)
  (multislot conteudo)
)
```

Figura 6: Mapeamento do *Proposta* para templates Jess.

Essas informações são fornecidas pelo ambiente a um usuário de um agente negociador do ambiente, através de fatos vinculados ao padrão estabelecido pelo template *Agente* (conforme descrito na Figura 7). Então, o “próprio ambiente” fornece um endereçamento para os agentes que estão negociando dentro dele.

Para isto, o ambiente “apenas” informa a cada agente, os outros agentes que estão negociando no mesmo domínio de negócio, isto porque não interessaria agentes negociadores de um determinado tipo de negócio conhecer agentes negociadores de outros tipos de negócio. Por isso, o ambiente fornece o papel e o domínio de negócio que cada um dos agentes estão participando, por exemplo, se um determinado domínio de negócio possui apenas dois papéis (vendedor e comprador), então os únicos papéis possíveis em um agente negociador são os de vendedor e de comprador.

Por fim, como cada negociação é apenas, explicitamente, entre dois agentes. Então, a forma como os agentes podem saber sobre o que se esta tratando em cada mensagem recebida é através do identificador fornecido como atributos na ontologia.

```
(deftemplate Agente
  (slot id)
  (slot dominioDeNegocio)
  (slot papel)
)
```

Figura 7: Mapeamento do *Agente* para templates Jess

Para finalizar, de forma resumida, os esforços iniciais que um engenheiro do conhecimento e/ou especialista no conhecimento deverá realizar são:

- Conhecer sintaticamente e semanticamente a ontologia dos tipos de mensagens em seu respectivo mapeamento *Jess*, dessa forma, será possível ter conhecimento que mensagens deverão ser enviadas e em que momento;
- Conhecer a forma como o ambiente irá disponibilizar o endereçamento dos outros agentes negociadores. Portanto, dado a ontologia de tipos de mensagens definida na Subseção 3.1, os agentes deverão conhecer previamente os endereços de cada agente que participa em cada domínio da negociação. A forma como o ambiente informa aos agentes participantes quais são os agentes negociadores existentes segue um determinado padrão pré-estabelecido, que no estudo de caso descrito neste capítulo, segue o padrão fornecido pela Figura 7.

5. ESTUDO DE CASO

Esta seção descreve o estudo de caso elaborado para a simulação do ambiente proposto na Seção 3. Foi elaborado uma ontologia de termos e significados referente as ações e intenções em negociações de pacotes de viagem.

Primeiramente, é importante mencionar que essa ontologia representa uma negociação que envolve dois tipos de agentes, o agente cliente e o agente agência virtual de viagens. Além disso, nessa negociação, de forma mais abstrata, dois tipos de informações são trocadas entre os dois tipos de agentes, que é a solicitação de um pacote de viagem e um pacote de viagem. Uma solicitação de pacote de viagem é sempre feita por um determinado agente cliente, e um pacote de viagem é sempre feito por uma agência de viagem, dado um pedido de solicitação de compra recebido por um cliente.

Outro fator a ser considerado é que a ordem e o momento com que cada um desses dois tipos de mensagens são trocadas, depende da conveniência de cada um dos agentes. O que está explicitamente representado, é a intenção que pode ser estabelecida com um tipo de mensagem enviada. Então, se um agente cliente envia uma solicitação de proposta a um cliente, é porque este agente quer receber uma proposta referente àquela solicitação, por outro lado, se um agente vendedor, envia um pacote de viagem a um determinado cliente, é porque este agente esta ofertando um pacote ao cliente.

Inicialmente, a parte da ontologia referente a uma solicitação de um pacote de viagem desta simulação possui os seguintes termos:

- *SolicitacaoPacoteViagem*: Esse é o modelo de uma solicitação de pacote de viagem que ambos os agentes devem conhecer. Assim, um agente cliente deve enviar suas preferências em relação a hospedagem, ao transporte e preferências mais gerais. Ainda, essas preferências são representadas por outras classes da ontologia: *OpcaoHospedagem*, *OpcaoTransporte* e *OpcaoPreferencias*;
- *OpcaoTransporte*: As opções de transporte servem para serem expressas preferências como a cidade de origem da cidade (*origem*), a cidade de destino (*destino*), a quantidade de passagens (*numero_passagens*) e o turno de partida da viagem (*turno_partida*). Além

disso, essa classe tem alguns filhos que representam, de fato, qual o tipo de transporte requerido: *OpcaoOnibus*, *OpcaoNavio*, *OpcaoAviao* e *OpcaoTrem*;

- *OpcaoHospedagem*: As opções de hospedagem servem para definir preferências do cliente em relação a hospedagem. Além disso, são possíveis três tipos possíveis de especializações de hospedagem: albergue (*OpcaoAlbergue*), pousada (*OpcaoPousada*) e hotel (*OpcaoHotel*).
 - *numero_diarias*: Representa o número de diárias que o cliente deseja permanecer no destino;
 - *cafe_da_manha*: Representa se o cliente deseja ter café da manhã no local que ele for se hospedar;
 - *data_checkout*: Representa a data que o cliente deseja começar a se hospedar;
 - *data_checkin*: Representa a data que o cliente deseja fechar a sua hospedagem.
- *OpcaoPreferencias*: Nas preferências mais gerais, o cliente pode/deve relatar algumas preferências mais específicas: o prazo de pagamento (*prazo_de_pagamento*), o valor máximo que o cliente deseja pagar pela solicitação (*limite_disponivel*), o peso da bagagem que o cliente deverá levar em sua viagem (*peso_bagagem*) e o motivo o qual o cliente esta fazendo a viagem;
- *NegociacaoPacoteViagem*: Um objeto do tipo *NegociacaoPacoteViagem* serve para haver um sincronismo entre os pacotes enviados pelos agentes agências de viagens e as solicitações dos clientes. Isso se faz necessário porque um determinado agente cliente pode precisar controlar se ele aceita receber propostas.

Da mesma forma, dado que uma agência de viagem queira enviar uma pacote de viagem, este agente deve conhecer a parte da ontologia de pacote de viagem, que possui os seguintes termos:

- *PacoteViagem*: Um pacote de viagem representa um conjunto de serviços que uma determinada agência de viagens irá prover ao um determinado cliente. Para este estudo de caso, apenas dois serviços são oferecidos: serviços de hospedagem (*ServicoHospedagem*) e serviços de transporte (*ServicoTransporte*), conforme está detalhado em seguida;
- *ServicoHospedagem*: Em um determinado serviço de hospedagem, é descrito um verdadeiro provedor do serviço de hospedagem (*PrestadorServicoHospedagem*) requerido pelo cliente, juntamente com uma possível oferta (*OfertaHospedagem*) desse provedor:
 - *OfertaHospedagem*: Portanto, uma oferta corresponde a uma possibilidade de negócio com um determinado provedor de serviço. Então, quando um agente agência de viagem recebe uma proposta, ele vai verificar junto aos seus provedores de serviço de hospedagem (*PrestadorServicoHospedagem*). Estes prestadores de serviço

respondem a agência com ofertas relacionadas, dessa forma, a agência pode escolher a mais conveniente e a define no respectivo serviço de hospedagem *ServicoHospedagem*. Na verdade, é aconselhável que esta busca por propostas seja delegada a um agente de suporte, pois, ele poderia estar sempre tentando descobrir ofertas interessantes. Também é importante notar que os agentes agências que possuem as melhores ofertas deverão oferecer os melhores pacotes aos seus clientes;

- *PrestadorServicoHospedagem*: Os prestadores de serviço de hospedagem (*PrestadorServicoHospedagem*) são representados pelos hotéis, pousadas ou albergues, que podem servir serviços para hospedagem e com isso atender as demandas oferecidas pelos clientes às agências virtuais.
- *ServicoTransporte*: Assim como o serviço de hospedagem, o serviço de transporte corresponde a forma como uma determinada agência vai oferecer o serviço de transporte ao seu cliente. Portanto, um *ServicoTransporte* possui uma oferta de hospedagem *OfertaHospedagem* e um respectivo prestador de serviço *PrestadorServicoTransporte*.
 - *OfertaTransporte*: A oferta transporte se refere a uma determinada opção de serviço a uma determinada solicitação. Assim, para uma requisição de viagem, pode existir vários provedores de serviços que podem atender a tal solicitação. Portanto, o agente agência deverá escolher a mais conveniente para atender a uma determinada solicitação de um cliente;
 - *PrestadorServicoTransporte*: Os prestadores de serviço de transporte (*PrestadorServicoTransporte*) são as empresas de transportes aéreos, rodoviários e marítimos, que podem servir serviços para transporte de passageiros e com isso atender a demandas oferecidas pelos clientes às agências virtuais.

5.1 Descrição das Implementações dos Agentes Agências

Para a simulação descrita neste trabalho, foram projetados quatro agentes agências de viagem com o objetivo de receber solicitações de propostas de clientes e um cliente. Este cliente faz solicitações a todos os agentes agência em três rodadas de negociação. Então, ele abre uma negociação com cada um dos quatro agentes possíveis e envia solicitações de pacote de viagens a cada um deles.

Assim, na primeira rodada, o agente cliente envia uma solicitação de pacote de viagem a cada um dos agentes e cada um dos agentes (quatro neste estudo caso) retorna com uma proposta. Portanto, o agente cliente recebe quatro propostas. Em seguida, o agente cliente envia uma nova solicitação as quatro agências e cada uma delas retorna, novamente, com uma proposta. E da mesma forma, acontece a terceira rodada, onde, o cliente envia a terceira e última solicitação, e as agências enviam novamente cada uma a sua proposta.

Outro aspecto que deve ser comentado, é que para neste estudo de caso, o processo de barganha realizado pelas agências de viagem se dá segundo algumas possíveis estratégias de negociação. Para efeitos de testes, estes critérios foram utilizados em todos os agentes agências de viagem, cabendo a cada um deles definir se vai ou não utilizá-la, e da mesma forma, ajustando de maneira particular. Segue a descrição de cada uma delas:

Comissão (CO) : A comissão representa o quanto a agência vai ganhar de comissão da empresa que vai fornecer um serviço de um determinado pacote. assim, para cada pacote de viagem, é necessário que uma empresa forneça um serviço de transporte (uma empresa de transporte aéreo, rodoviário ou marítimo) e outra ofereça um serviço de hospedagem (um hotel, uma pousada ou um albergue). Uma estratégia de barganha baseado em comissão representa o desconto que uma determinada agência de viagem vai dar ao seus clientes, abrindo mão de parte de sua comissão que este irá receber destes “fornecedores”. Para isso, para cada tipo de empresa, as regras referentes a esse tipo de barganha necessitam de ajustes nos seguintes índices:

- *indice_comissao*: Essa taxa representa o quanto uma agência receberá de comissão referente a uma venda de uma passagem de uma empresa de transporte (de ônibus, avião ou navio), ou, um venda de uma reserva de quarto (de hotel, pousada ou albergue). Onde, $0 \leq indice_comissao \leq 1$;
- *indice_hurdle_rate*: Esse percentual representa o quanto de lucro mínimo a agência recebe de uma determinada venda, ou seja, o *indice_hurdle_rate* indica o mínimo de lucro que uma agência deverá ter em uma determinada venda;
- *indice_custos*: Esse percentual representa o quanto de comissão será reservado para pagamentos de custos referentes a manutenção da agência virtual.

Grupo Transporte (GT) : Um grupo transporte representa a comissão extra que uma empresa de transporte oferece a uma agência. Para este estudo de caso, uma empresa de transporte oferece uma passagem gratuita a uma agência a grupo formado, e os seguintes índices estão envolvidos:

- *grupo_transporte_default*: Esse índice demonstra a quantidade de passagens que uma empresa de transporte forma um determinado grupo. Então, dado que uma agência vendeu uma quantidade de passagens igual a esse índice, a agência será retribuída com uma passagem gratuita que oferece esse serviço;
- *indice_descontos_grupo_aereo*: Esse índice representa o quanto cada agência irá abdicar de sua comissão extra, obtido com grupos de passagens realizados. Essa nova disponibilidade de barganha é representado pelo inteiro da divisão do número de passagens pelo *grupo_transporte_default* multiplicado pelo valor

da passagem. Esse índice é utilizado em cada rodada de uma negociação, e a cada rodada ele dobra o seu valor.

Grupo Hospedagem (GH) : Um grupo hospedagem representa a comissão extra que uma empresa de hospedagem oferece a uma agência. Para este estudo de caso, uma empresa de hospedagem oferece um quarto gratuito a uma agência quando um é formado, e algumas termos terão de ser representados:

- *grupo.hospedagem.default*: Esse termo indica a quantidade de quartos reservados que uma empresa de hospedagem (hotel, pousada, albergue) forma um grupo, e, em consequência, a agência de viagem terá um quarto gratuito.
- *indice_descontos_grupo_hospedagem*: Esse índice representa o quanto cada agência irá abdicar de seu lucro obtido com grupos de quartos reservados, que é representado pelo inteiro da divisão do número de quartos reservados pelo *grupo.hospedagem.default* multiplicado pelo valor da passagem. Esse índice é utilizado em cada rodada de uma negociação, e a cada rodada ele dobra o seu valor.

Montante (MO) : O montante representa o desconto que uma agência de viagens dá quando faz uma venda de uma passagem de um volume financeiro alto. E alguns termos devem ser definidos:

- *montante*: Esse valor representa a partir de que volume financeiro uma agência poderá barganhar em cima do montante.
- *indice_descontos_comissao*: Esse índice representa o quanto cada agência irá abdicar do montante total em pacotes com alto volume financeiro. Esse índice é utilizado em cada rodada de uma negociação, e a cada rodada ele dobra o seu valor.

Bagagem (BA) : Em passagens aéreas vendidas, existe um limite mínimo de carga que cada passageiro pode levar, caso esse limite de carga ultrapasse 50Kg, na nossa simulação, será uma taxa de R\$ 2 por quilo ultrapassado. Neste estudo de caso está sendo considerado que, a cada 500Kg de carga, a agência ganha uma comissão do emprese áera referente ao pagamento do excesso de peso. Então, alguns termos terão foram representados:

- *indice_descontos_bagagem_aereo*: Esse índice representa o quanto cada agência irá abdicar do montante total ganho com limites de cargas excedidas. Esse índice é utilizado em cada rodada de uma negociação, e a cada rodada ele dobra o seu valor.

Fidelização (FI) : Fidelização representa um bônus de descontos para clientes que compram com frequência em determinadas agências. Então, a cada 5 compras de pacote de viagens, ele aumenta em 1 seu nível de fidelização. Esse índice começa de 1 e é incrementado de um em um a cada cinco compras. A agência que

utilizar barganha baseado em fidelização, está multiplicado os índices de descontos pelo nível do cliente no presente momento.

A Tabela 1 mostra como as estratégias estão implementadas nos quatro agentes desta simulação (A,B,C e D). Na Figura 8 esta exibido um exemplo de regra implementado nos agente cliente, que busca o melhor pacote ofertado.

	CO	FI	GT	GH	MO	BA
Agência A	X	X	X	X	X	X
Agência B	X		X	X	X	X
Agência C	X	X	X	X		X
Agência D	X					

Tabela 1: Tabela com as estratégias de cada um dos agentes da simulação.

```
(deffunction busca-melhor-pacote-ofertado (?spvi)
  (bind ?pacotes (run-query query-busca-melhor-pacote-ofertado ?spvi))
  (bind ?pct nil)
  (while (?pacotes hasNext) do
    (bind ?token (call ?pacotes next))
    (bind ?fact (call ?token fact 1))
    (if (eq ?pct nil) then
      (bind ?pct ?fact)
    (if (< (get-valor-pacote ?fact) (get-valor-pacote ?pct)) then
      (bind ?pct ?fact)
      (if (= (get-valor-pacote ?fact) (get-valor-pacote ?pct)) then
        (if (<= (tempo-aguardando-oferta ?fact) (tempo-aguardando-oferta ?pct)) then
          (bind ?pct ?fact)
        )
      )
    )
  )
  (return ?pct)
)
```

Figura 8: Exemplo de regra implementada no agente cliente.

5.2 Experimentos

Os experimentos foram realizados com um agente cliente que negociou dois pacotes de viagens. O primeiro, representado pela Tabela 2, representa uma solicitação para 15 passageiros, que juntos possuía uma bagagem total de 4.500Kg. A partir disso, foi feito que todas as agências pudessem negociar sobre todas as possíveis estratégias, visto que o montante iria passar de R\$ 10.000,00 e haveria excesso de bagagem suficiente. Na segunda solicitação, representado pela Tabela 4, houve um solicitação de pacote de viagem simples, onde não haveria negociação por montante e não haveria excesso de carga. Supomos ainda que o cliente viaje muito, e ele já comprou nas quatro agências, por isso, o agente que possui estratégias baseada em fidelização irá dar um desconto maior. Para este estudo de caso, isso somente ocorre com o Agente A.

Os resultados das duas negociações podem ser encontrados nas Tabelas 3 e 5, respectivamente representando a primeira e a segunda solicitação.

Conforme pode ser visualizado, na primeira negociação (Tabela 3), o Agente A ganhou a negociação com certa folga, pois ele possui barganha baseado em montante, peso de bagagem e, principalmente, em fidelização. Na segunda negociação (Tabela 5), o Agente C ganhou por ter enviado a proposta primeiro.

O Agente C, na segunda negociação, enviou propostas iguais ao Agente A, mas, por motivos que ele tem um processamento menor, este enviou suas propostas mais rapidamente, o que ocasionou em sua “vitória”.

Atributo	Valor
Vôo:	810
Classe:	<i>primeira</i>
Data partida:	25/02/2006 as 08:00
Origem	Maceió
Destino	Salvador
Horário Chegada:	9:40
Peso bagagem:	4.500,00
Numero passagens:	15
Data checkin:	25/02/2006
Data checkout:	28/02/2006
Número de diárias:	1
Com cafe-da-manha:	TRUE

Tabela 2: Valores com as preferências do agente cliente no primeiro experimento.

	A	B	C	D
Hospedagem	8907,75	8953,87	8917,75	8998,87
Transporte	988,50	994,25	988,50	999,25
Hospedagem	8815,50	8907,75	8835,50	8997,75
Transporte	977,00	988,50	977,00	998,50
Hospedagem	8723,25	8861,62	8753,25	8996,62
Transporte	965,50	982,75	965,50	997,75
Total Final	9688,75	9844,37	9718,75	9994,37

Tabela 3: Valores ofertados pelos agentes agências em cada rodada da negociação no cenário 1

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho apresentado teve por objetivo a elaboração de um ambiente aberto de negociação, onde suas contribuições foram encontradas a partir de uma pesquisa que envolveu ontologias e inferência baseada em regras no processo de negociação automatizada. A origem deste trabalho se deu a partir de estudos sobre trabalhos relacionados, onde foi descoberta a necessidade de agentes computacionais negociadores que pudessem atuar em ambientes de negociação de forma mais flexível, visto que um mesmo agente negociador poderia ter a necessidade de ser projetado para atuar em vários domínios de negócio e com o objetivo de fazer negócios de forma interdependente.

Com a implementação do estudo de caso, foi visto que a utilização de regras como mecanismo de representação de conhecimento, sobre os objetivos e estratégias de negociação, torna o agente mais flexível a mudanças que podem ocorrer. Isso pelos motivos mais diversos, como mudanças na própria filosofia de negócio da entidade negociadora, necessidade de considerar novas informações relativas ao negócio ou a necessidade de atuar em novos mercados virtuais.

Por outro lado, para ambientes de negociação onde (a) as ações de um agente negociador dependem das ações de um número imprevisível de outros agentes negociadores e (b) os agentes negociadores podem possuir mecanismos de tomada de decisão totalmente distintos e também imprevisíveis, fez-se necessário providenciar um mecanismo de distribuir e unificar as intenções e ações de todos os agentes envolvidos na negociação, em um formalismo computacionalmente in-

Atributo	Valor
Vôo:	810
Classe:	<i>primeira</i>
Data partida:	25/02/2006 as 08:00
Origem	Maceió
Destino	Salvador
Horário Chegada:	9:40
Peso bagagem:	30
Numero passagens:	1
Data checkin:	25/02/2006
Data checkout:	28/02/2006
Número de diárias:	1
Com cafe-da-manha:	TRUE

Tabela 4: Valores com as preferências do agente cliente no segundo experimento.

	A	B	C	D
Hospedagem	99,85	99,92	99,85	99,92
Transporte	99,85	99,92	99,85	99,92
Hospedagem	99,70	99,85	99,70	99,85
Transporte	99,70	99,85	99,70	99,85
Hospedagem	99,55	99,77	99,55	99,77
Transporte	99,55	99,77	99,55	99,77
Total Final	199,00	199,54	199,00	199,54

Tabela 5: Valores ofertados pelos agentes agências em cada rodada da negociação no cenário 2.

terpretável. Então, sobre essa problemática é que foram utilizadas ontologias, tanto para o mapeamento sobre protocolos de negociação como para conhecimentos mais específicos em domínios de negócio.

O modelo de negociação apresentado mostrou características relevantes sobre compartilhamento de conhecimento, os quais buscam enriquecer o processo de negociação com um todo, como os aspectos inerentes ao protocolo da negociação. Desta forma, novas opções foram introduzidas na negociação, visando torná-las mais próximas daquelas praticadas no comércio tradicional e possibilitando o aumento da satisfação dos usuários destes agentes. Pois, desde que a modelagem do negócio está mais próxima do mundo real, a negociação tenderá a acordos com um nível maior de detalhamento, o qual possibilitará negócios mais convenientes aos usuários dos agentes.

O modelo de suporte à tomada de decisão apresenta uma visão diferenciada em negociações automatizadas. Ao considerar possíveis dados presentes em históricos, mais dados podem ser utilizados na busca de prover informações relevantes para auxiliar a tomada de decisão. Devido a isso, houve a necessidade de oferecer um suporte a mecanismos de aprendizagem, pois, poderá ser delegada à máquina a tarefa de observar acontecimentos envolvidos em cada uma das negociações, ou etapas da negociação, que o agente estiver participando. Ou seja, é possível delegar ao agente negociador tarefas exaustivas relacionadas à aquisição de novos conhecimentos.

Esta visão é um avanço significativo em relação às demais pesquisas neste tema, e os principais benefícios trazidos pela

presente proposta são:

- Possibilidade da tomada de decisão mais robusta por parte dos agentes negociadores, seja desempenhando o papel de cliente, seja desempenhando o papel de um fornecedor, visto que várias técnicas e vários objetivos diferentes podem ser expressos e utilizados de forma simultânea.
- Maior aproximação entre a tomada de decisão praticada na negociação automatizada e a negociação no mundo real. Por exemplo, como a nova representação do conhecimento está vinculada a regras, tornou-se bem mais alto nível o conhecimento acerca de um agente computacional negociador;
- Possibilidade de fazer tratamentos individualizados aos seus parceiros de negócio. Ou porque uma entidade negociadora já tenha expresso essa habilidade diretamente nas estratégias de negociação do agente (via regras), ou porque algum mecanismo de aprendizagem de máquina tenha sofisticado as estratégias de negociação deste agente negociador, indicando que algumas ações são mais apropriadas em determinados casos do que em outros;
- Maior chances de realização de acordos. Com a possibilidade de buscar acordos mais individualizados, as chances de efetivação de acordos mais interessantes acontece para os dois lados da negociação, o lado que está oferecendo o serviço e o lado que está recebendo o serviço.

Portanto, uma plataforma multiagente foi apresentada com o propósito de ser um arcabouço para construção de sistemas multiagente negociadores, que é capaz de prover negociação para vários domínios de negócio.

Como trabalhos futuros, alguns trabalhos devem ser implementados com o objetivo de dar continuidade aos avanços. São eles:

- Flexibilizar o processo de manutenção do protocolo de negociação em relação ao ambiente, pois, para o estudo de caso elaborado, esse protocolo está implementado diretamente dentro dos agentes;
- Elaborar novos domínios de negócio relacionados com o ambiente já desenvolvido, pois dessa forma, poderia-se colocar o agente em um ambiente mais complexo, e assim, submetê-lo a desafios ainda mais próximos da realidade;
- Implementar componentes inteligentes nos próprios agentes negociadores ou em agentes de suporte. Dessa forma, poderia ser mensurado em que momento, ou em que situação, cada uma das possíveis técnicas de aprendizagem de máquina (RBC, *q-learning*, rede neural, *data-mining*) poderia ser mais interessante ou mais apropriado em contextos de negociação automatizada;

- Desenvolver um ambiente didático e acadêmico para que professores possam demonstrar o processo de negociação de maneira mais prática e também permitir mais envolvimento dos alunos, onde, cada um deles poderia desenvolver suas próprias técnicas de inferência ou de aprendizagem de máquina.

7. OUTROS AUTORES

Evandro Costa and Elvys Soares and José Alencar and Marcos Silva, Instituto de Computação, Universidade Federal de Alagoas, {evandro,elvys,alencar,mts}@tci.ufal.br

8. REFERÊNCIAS

- [1] JADE Web Site, <http://jade.tilab.com/> - acessado em 02/02/2006.
- [2] C. Bartolini, C. Preist, and N. R. Jennings. A Software Framework for Automated Negotiation. In R. Choren, A. Garcia, C. Lucena, and A. Romanovsky, editors, *Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems*, volume 3390 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 213–235. Springer-Verlag, 2004.
- [3] A. Chavez and P. Maes. Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods. In *First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, pages 75–90, London, UK, 1996.
- [4] P. Faratin, C. Sierra, and N. R. Jennings. Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents. *Robotics and Autonomous Systems*, 24(3-4):159–182, 1998.
- [5] P. Faratin, C. Sierra, and N. R. Jennings. Using Similarity Criteria to Make Issue Trade-offs in Automated Negotiations. *Artificial Intelligence*, 142(2):205–237, 2002.
- [6] E. Friedman-Hill. Sandia National Laboratories - Jess Web Site, <http://herzberg.ca.sandia.gov> - acessado em 20/01/2006.
- [7] N. R. Jennings, P. Faratin, A. R. Lomuscio, S. Parsons, C. Sierra, and M. Wooldridge. Automated negotiation prospects, methods and challenges. *Group Decision and Negotiation*, 10(2):199–215, 2001.
- [8] R. N. Oliveira, A. P. Silva, I. Bitencourt, H. Gomes, and E. B. Costa. A multiagent based framework for supporting learning in adaptive automated negotiation. In *accepted for publication at the 8th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS 2006*, Paphos - Cyprus, May 2006.
- [9] I. D. V. Tamma, S. Phelps and M. Wooldridge. Ontologies for supporting negotiation in e-commerce. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 18(2):223–236, 2005.
- [10] M. G. Winoto P. and V. J. Non-monotonic-offers bargaining protocol. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 11(1):45–67, 2005.