

2 Background

Neste capítulo serão apresentados trabalhos que fundamentam as abordagens propostas nesta dissertação. Primeiramente, será apresentado o simulador MASSES, no qual a proposta apresentada nesta dissertação se baseou, e, em seguida, alguns trabalhos que apresentam o conceito de reputação de agentes.

2.1 Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation

Esta seção visa apresentar o simulador MASSES – *Multi-Agent System for Stock Exchange Simulation* (Aze08a, Aze08b). Ele foi originalmente apresentado na quarta edição do workshop SEAS (*Software Engineering for Agent-oriented Systems*), realizado em conjunto com o XXII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, em outubro de 2008. O simulador tem como objetivo a aplicação de sistemas multi-agentes ao domínio de aplicações de mercado de capitais. Para isso, disponibiliza um ambiente virtual no qual agentes (que desempenham o papel de investidores) podem transacionar ativos financeiros.

Introdução

O simulador MASSES teve seu desenvolvimento inspirado na participação, em 2007, da equipe do Laboratório de Engenharia de Software da PUC-Rio na competição *Agent Reputation and Trust (ART) Testbed Competition*, promovida pela conferência AAMAS (*Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*). O desenvolvimento teve por objetivo a simulação de um domínio de aplicação mais real, no qual fosse possível aplicar os conceitos de inteligência artificial e reputação de agentes empregados na elaboração dos agentes submetidos à competição.

Para a simulação desse domínio mais real, foi proposto um sistema multi-agente que incorporasse as entidades inerentes aos mercados de capitais – bolsa de valores, empresas de capital aberto, investidores e corretoras. Nesse sistema, os agentes de software representam essas entidades permitindo que cada uma delas implemente estratégias próprias. Por exemplo, investidores

devem ser capazes de analisar o desempenho de empresas, identificando o ponto de compra das ações e determinando o montante a ser investido.

Visão Geral

As simulações são baseadas em dados históricos da BOVESPA¹(Bov09), permitindo a definição de diferentes estratégias que considerem variadas situações presentes no mercado real. Em cada dia da simulação, é permitido aos agentes investidores determinar quais ações comprar ou vender. Para isso, cada agente deve, de acordo com sua estratégia própria, determinar, além da ação escolhida, o montante a ser empregado na transação.

O simulador implementa a comunicação com os agentes por meio de *WebServices*. Dessa forma, permite-se maior liberdade aos programadores, de maneira que podem empregar a linguagem que mais lhes convier no desenvolvimento dos agentes investidores. Através dessa interface, os agentes investidores podem iniciar uma simulação e realizar operações (compra/venda) no decorrer da mesma.

O simulador é responsável por gerenciar os acessos aos dados históricos, as carteiras (ações correntemente sob posse) dos investidores e os montantes disponíveis para transação. Aos agentes investidores é concedido um tempo preestabelecido para a tomada de decisão em cada rodada da simulação.

A visão geral do MASSES é sintetizada na Figura 2.1.

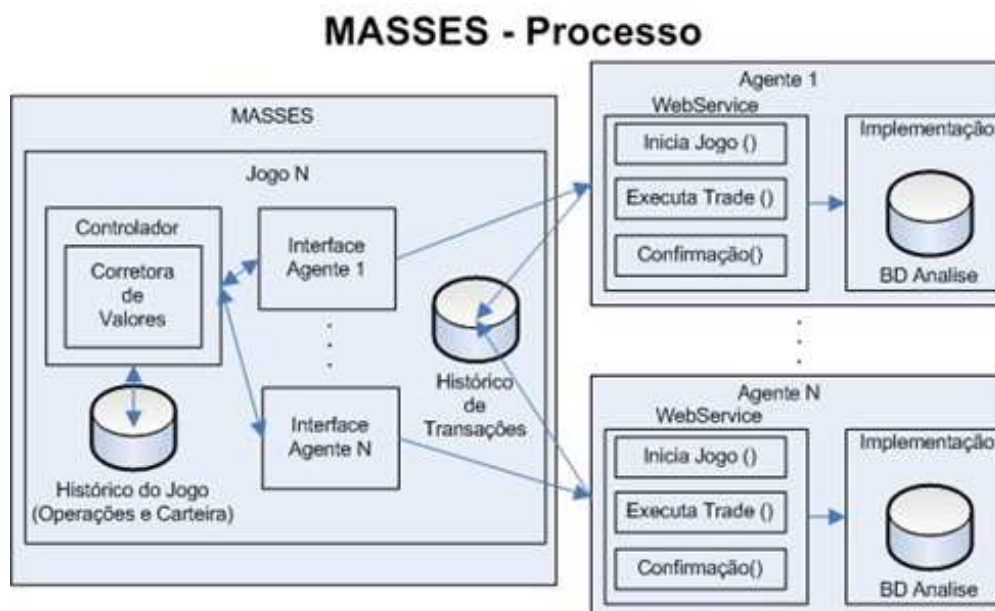


Figura 2.1: Visão geral do simulador MASSES

¹Bolsa de Valores de São Paulo

Arquitetura

A arquitetura do MASSES é dividida em duas camadas, conforme se observa na Figura 2.2. As duas camadas – mercado de valores e interface – serão discutidas a seguir.

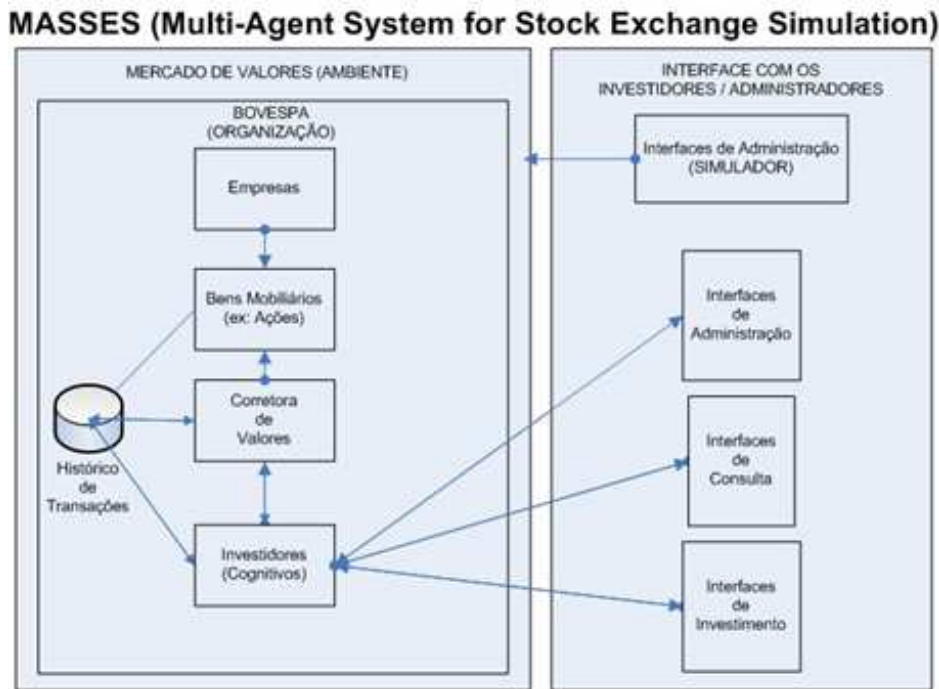


Figura 2.2: Arquitetura do simulador MASSES

A primeira camada, denominada Mercado de Valores, representa o núcleo do simulador. Essa camada é responsável por gerenciar todos os dados e transações referentes à simulação. Cada componente dessa camada é encarregado de administrar um processo específico da simulação. O componente *Empresas* enumera as empresas de capital aberto utilizadas na simulação. *Bens Mobiliários* identifica as ações unitárias das empresas. *Corretora de Valores* possui o dever de efetivar as transações requeridas. Já o componente *Investidores* representa todos os agentes participantes da simulação. Finalmente, o *Histórico de Transações* armazena as informações das rodadas passadas da simulação.

A segunda camada, chamada Interface com os Investidores, apresenta as interfaces por meio das quais os usuários podem interagir com o simulador. As principais funções relativas à simulação permitem que os usuários iniciem e acompanhem a execução de agentes submetidos ao simulador, bem como consultem os resultados de simulações passadas para analisar o desempenho de agentes.

Implementação

As funcionalidades descritas na seção anterior são sintetizadas em um diagrama de casos de uso, apresentado na Figura 2.3.

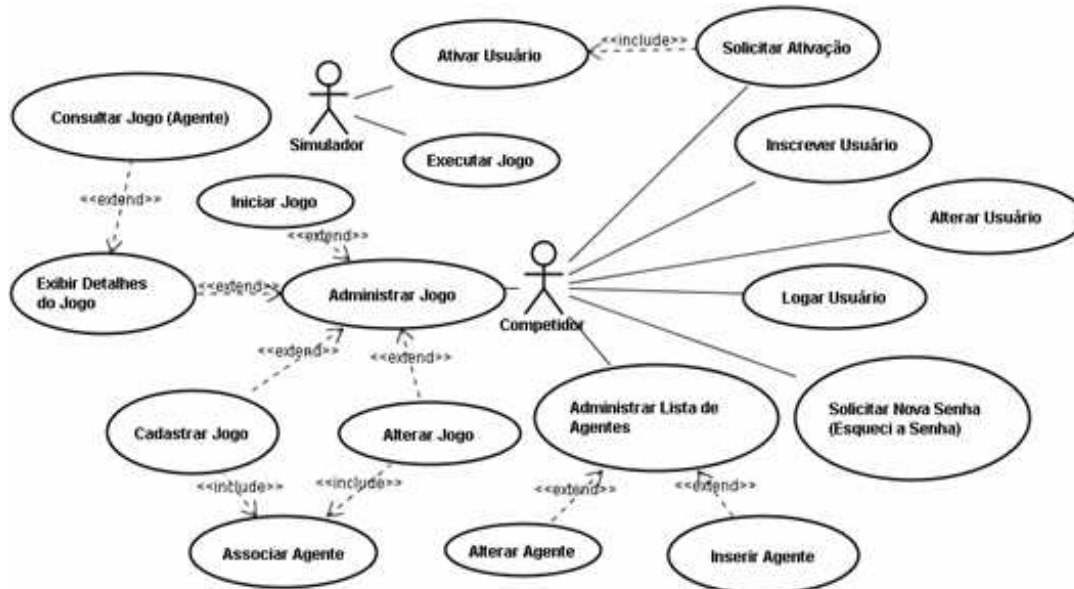


Figura 2.3: Casos de uso do simulador MASSES

O principal caso de uso é *Executar Jogo*. O simulador é responsável por instanciar uma nova simulação e verificar as comunicações com os agentes participantes. Após informar aos agentes sobre o início da simulação, o simulador solicita, à medida que o tempo passa, as operações de compra/venda que os mesmos desejam realizar. Internamente, o simulador realiza o processamento dessas ordens.

A Figura 2.4 apresenta o diagrama de seqüência para *Executar Jogo*. Nesse caso de uso, inicialmente, o simulador verifica se a comunicação com cada um dos agentes está estabelecida corretamente, por meio de *IniciaJogo*. Para cada rodada da simulação, o simulador utiliza *ExecutaTrade* para solicitar as ordens que os agentes investidores desejam realizar. Finalmente, *ConfirmaTrade* é responsável por informar os agentes sobre o sucesso na realização das ordens solicitadas.

Para implementar a comunicação com os agentes, utilizou-se a troca de documentos XML. Por exemplo, para informar a operação desejada o agente investidor deve enviar um documento informando o ativo desejado, a operação (compra ou venda) e a quantidade, conforme pode ser visto na Figura 2.5.

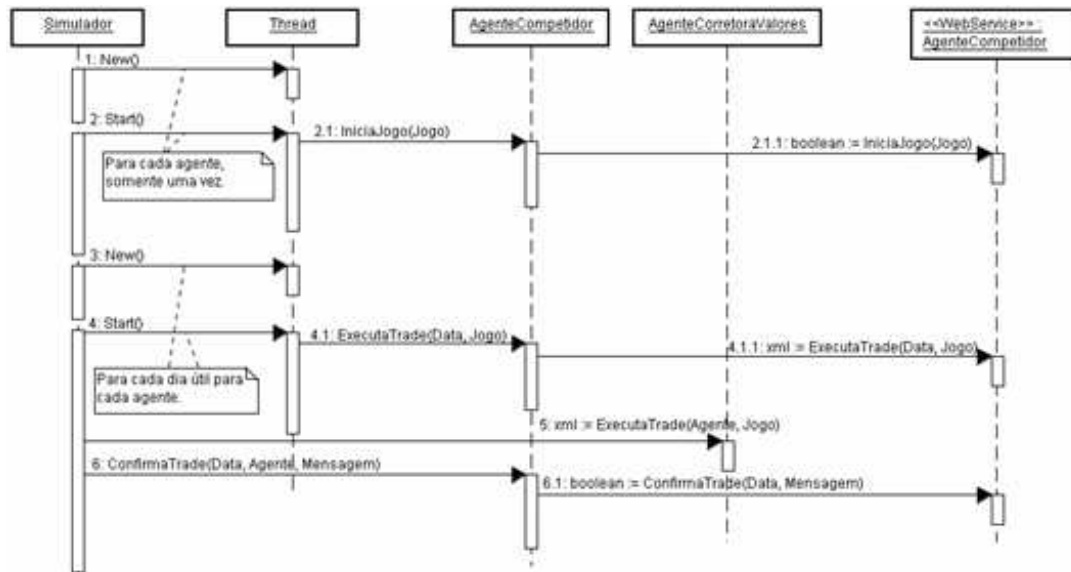


Figura 2.4: Diagrama de seqüência da execução de um jogo no simulador MASSES

```

- <DocumentElement>
- <Analise>
  <CodAtivo>KLBN4</CodAtivo>
  <Operacao>C</Operacao>
  <ValorAtual>4.54</ValorAtual>
</Analise>
- <Analise>
  <CodAtivo>PETR4</CodAtivo>
  <Operacao>V</Operacao>
  <ValorAtual>35.00</ValorAtual>
</Analise>
</DocumentElement>
    
```

Figura 2.5: XML solicitando operações ao simulador MASSES

Competição

A partir do simulador, propôs-se a criação de uma competição entre os agentes investidores, visando analisar aqueles que implementaram técnicas que levam a melhores resultados após as simulações. Assim, objetivou-se estimular o desenvolvimento acadêmico de estratégias capazes de atingir resultados positivos no mercado real.

De acordo com a proposta, cada participante poderia cadastrar um número ilimitado de agentes, que trabalhariam sobre dados históricos disponibilizados. Agentes defeituosos seriam descartados. Seria armazenado um histórico de transações para auditoria. Inicialmente, a cada agente seria disponibilizada uma quantia determinada de dinheiro. Ao final da simulação, todas as posições compradas seriam encerradas e o agente com o maior montante acumulado seria declarado vencedor.

Estratégias para Implementação de Agentes

O trabalho forneceu algumas indicações sobre possíveis estratégias a serem adotadas pelos desenvolvedores dos agentes investidores. Fundamentalmente, focou-se na utilização da análise técnica (Nor95). Indicou-se, também, o emprego de técnicas da área de inteligência artificial, em especial, forward/backward chaining, lógica fuzzy e algoritmos de aprendizado.

Apresentou-se e detalhou-se uma estratégia em camadas para abordar a questão da definição dos momentos de compra e venda das ações. Duas estratégias baseadas nessa técnica foram implementadas como prova de conceito, com o intuito de demonstrar ser possível o desenvolvimento de agentes capazes de operar com lucro sobre um capital inicial.

2.2

Sistemas de Reputação

Esta seção apresenta artigos sobre a aplicação do conceito de reputação a sistemas multi-agentes. Os trabalhos apresentados visam situar e orientar as idéias propostas mais adiante nesta dissertação.

2.2.1

Notions of Reputation in Multi-Agents Systems: A Review

Neste trabalho (Mui02), os autores enumeram diversas disciplinas que empregam conceitos de reputação. Entretanto, argumentam que a maioria dos trabalhos relacionados ao tema não explicitam o uso que fazem dos conceitos utilizados. Assim, após um levantamento bibliográfico de trabalhos que aplicam conceitos de reputação, os autores sugerem uma tipologia para classificar os diferentes trabalhos produzidos relativos ao tema.

Com o mote de que reputação não é um conceito único, mas sim composto de múltiplas partes, os autores afirmam não haver, na literatura, distinção entre as mesmas. Dessa forma, o trabalho inicialmente apresenta um levantamento sobre como reputação é empregada em diferentes áreas e, em seguida, propõe uma tipologia para classificar os diferentes trabalhos estudados.

Background

Os **Sistemas de Atribuição de Reputação**, provavelmente, são a mais famosa forma de emprego de conceitos de reputação. Fundamentais em sistemas de e-commerce, como o e-Bay, funcionam como uma forma de acumulação de avaliações positivas e negativas, após cada transação comprador/vendedor. A boa reputação de um vendedor (preponderância de avaliações positivas re-

cebidas) indica uma maior probabilidade do cumprimento do acordo de compra/venda. Além disso, a reputação pode influir no preço das mercadorias negociadas.

No campo da **Economia**, existem diversos estudos na área da teoria dos jogos empregando reputação. Nesses casos, a reputação se relaciona com a repetição de jogos (como o Dilema do Prisioneiro, por exemplo) envolvendo os mesmos participantes. Dessa forma, a reputação, baseada em interações passadas, pode ser vista como incentivadora da cooperação (ou não) entre os participantes.

Na **Ciência da Computação**, diversos trabalhos abordaram a construção de modelos para reputação. Entre as diferentes propostas, pode-se citar a aplicação de modelos probabilísticos (bayesianos, por exemplo) para a inferência da reputação de um dado agente, baseando-se nas avaliações propagadas por seus vizinhos.

A **Biologia Evolucionária** estudou os efeitos de observadores nas interações. Os observadores possuem o efeito de propagar os comportamentos observados por toda a população, emergindo, assim, o conceito de reputação. Dessa forma, há um controle social implícito que exclui indivíduos maliciosos.

Nos estudos de **Sociologia**, a reputação é comumente empregada como um sinônimo de prestígio. Dessa forma, consideram-se as ligações existentes entre os agentes, como, por exemplo, laços de parentesco, envolvimento prévio em transações comerciais, relação de amizade etc.

Tipologia

A Figura 2.6 apresenta o cerne do trabalho discutido nesta subseção. A tipologia proposta visa classificar os trabalhos sobre reputação. As divisões e subdivisões propostas serão discutidas a seguir.

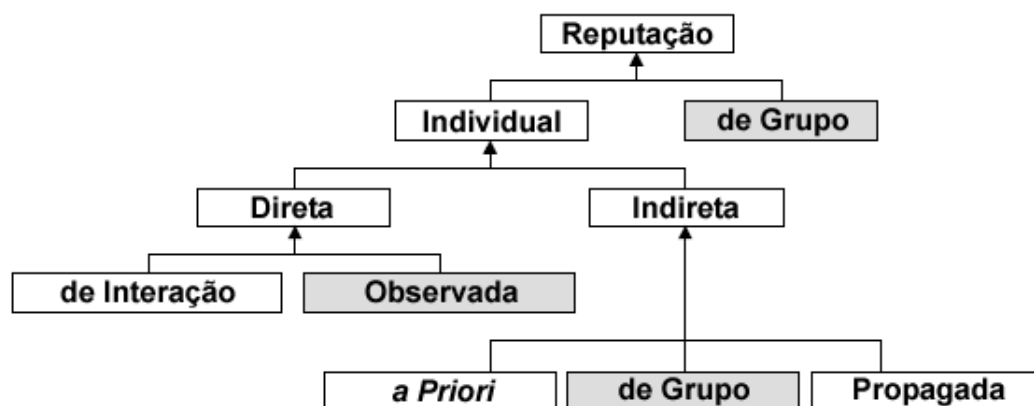


Figura 2.6: Tipologia para o conceito de reputação

Inicialmente, dividiu-se a reputação entre **individual** e **de grupo**. Essa divisão possibilita diferenciar a reputação atribuída a um único indivíduo em particular e aquela definida como de grupo. A reputação de grupo pode ser modelada como a combinação das reputações individuais de cada membro identificado como pertencente a um grupo em particular.

A reputação individual é, por sua vez, subdividida em **direta** e **indireta**. Se direta, é baseada nas experiências passadas do próprio agente avaliador (transações ou observações). Se indireta, é uma inferência baseada nas informações obtidas por outras fontes.

A reputação individual direta pode ser **de interação** ou **observada**. A reputação de interação é determinada pelo encontro entre os agentes avaliador e avaliado. Por outro lado, a reputação observada não envolve o agente avaliador na interação. Nesse caso, o agente avaliador apenas observa outros dois agentes interagindo e, a partir dos resultados dessa interação, deriva a reputação dos demais agentes.

Finalmente, a reputação individual indireta divide-se em **a priori**, **de grupo** e **propagada**. A reputação a priori refere-se a crenças que agentes possuem sobre desconhecidos. Assim, ao se deparar com um agente desconhecido, determinado agente pode supô-lo confiável, não-confiável ou neutro, por exemplo. A reputação indireta de grupo consiste na extensão da reputação prévia e conhecida de um grupo a cada um de seus integrantes. E a reputação propagada é aquela que é estimada a partir de informações obtidas junto a terceiros.

Na literatura da área, boa parte dos trabalhos versa sobre o uso, vantagens e desvantagens das abordagens direta de interação e indireta propagada. A dicotomia entre tais abordagens será bastante explorada nos demais trabalhos apresentados nas subseções seguintes.

2.2.2

Certified Reputation: How an Agent Can Trust a Stranger

O trabalho apresentado nesta subseção (Huy06) propõe um novo modelo para a confiança de agentes. Inicialmente, os autores argumentam que os modelos comumente empregados – baseados ou na experiência direta, ou em informações providas por terceiros – possuem limitações. Visando superar essas limitações, é introduzida a Reputação Certificada, que será discutida ao longo desta subseção.

Os modelos de experiência direta apresentam limitações, pois costumam apresentar baixo desempenho até que o agente tenha tido número suficiente de interações. Já os modelos de troca de informações têm o revés de, muitas vezes,

envolverem agentes com interesses próprios, não necessariamente interessados em compartilhar seus conhecimentos.

A Reputação Certificada de um agente é a reputação derivada de avaliações realizadas por demais agentes sobre este agente. Agentes devem obter e disponibilizar essas avaliações de modo a adquirir a confiança de possíveis futuros parceiros. Dessa forma, o ônus de guardar as avaliações passa do avaliador para o avaliado. Com isso, as referências sobre determinado agente tornam-se disponíveis àqueles que desejem interagir com o mesmo.

Entretanto, esse modelo pode apresentar o problema de as avaliações não serem confiáveis. Assim, é importante analisar a credibilidade dos avaliadores e, com isso, ponderar as opiniões emitidas pelos mesmos. Para isso, deve-se manter um histórico sobre o desempenho dos avaliadores em termos de prover opiniões precisas, o qual será usado para derivar suas credibilidades.

A Reputação Certificada

A Reputação Certificada de um agente consiste em um conjunto de avaliações sobre seu comportamento passado fornecidas por terceiros. Essas informações são armazenadas pelo agente, tornando-as disponíveis para qualquer outro agente que queira avaliá-lo. Assim, um agente pode obter a confiança de possíveis futuros parceiros. Supõe-se algum mecanismo de segurança (infra-estrutura de chave pública, por exemplo) para garantir que as avaliações não sejam manipuladas.

Contudo, um agente pode escolher quais avaliações recebidas deseja tornar públicas para futuros parceiros. Com isso, a Reputação Certificada pode superestimar o comportamento esperado de determinado agente.

A Reputação Certificada possui a vantagem de poder ser construída, para um dado agente, após um pequeno número de interações envolvendo-o, ao passo que em modelos de experiência direta são necessárias várias interações para que determinado agente construa um modelo acurado de reputação. Além disso, a Reputação Certificada apresenta baixo custo (tempo, comunicação e processamento), uma vez que as referências são armazenadas pelo agente avaliado e providas diretamente ao agente avaliador.

Para seu cálculo a partir das avaliações, é interessante utilizar uma função ponderada. Pode-se empregar maior peso para avaliações mais recentes e/ou provenientes de avaliadores com maior credibilidade.

Para determinar a credibilidade dos avaliadores sugere-se empregar o seguinte método. Após o agente a ter interagido com o agente b , ele possui sua própria avaliação sobre b . Ao receber do agente x uma avaliação sobre b , ele compara a avaliação recebida com seu conhecimento sobre b . Se houver

semelhanças, acarreta uma contribuição positiva para a credibilidade de x aos olhos de a . Supõe-se o uso de credibilidade padrão para avaliadores desconhecidos.

2.2.3

Detecting Deception in Reputation Management

O trabalho apresentado nesta subseção (Yu03) tem como foco o problema da propagação de informações espúrias, por agentes maliciosos, em ambientes de troca de informações de reputação. Os autores, em um trabalho anterior, desenvolveram um mecanismo social para o gerenciamento de reputação distribuída, mas tal mecanismo não apresentava proteção contra informações falsas providas por demais agentes. Para sanar essa deficiência, a abordagem apresentada envolve a aplicação de médias ponderadas para a agregação de opiniões de reputação.

O trabalho possui como escopo o gerenciamento de reputação em sistemas com grande quantidade de agentes autônomos e heterogêneos. Nesses sistemas, agentes devem basear-se em mecanismos sociais para determinar a reputação de agentes desconhecidos. A idéia é que agentes cooperem para isolar outros agentes que sejam egoístas, anti-sociais ou não-confiáveis.

Inicialmente, ao se deparar com um agente desconhecido, o agente que deseja avaliar sua confiança deve confiar no depoimento de agentes que interagiram previamente com esse agente. Esses provedores de opiniões são denominados testemunhas. Entretanto, não há proteção contra testemunhas maliciosas. Logo, é necessário incorporar uma maneira de balancear as opiniões recebidas, de acordo com a fonte das mesmas.

O gerenciamento de reputação, portanto, envolve a identificação das testemunhas que podem prover opiniões relevantes e confiáveis, assim como a incorporação dessas opiniões provenientes de diferentes testemunhas.

O problema das informações falsas é considerado quando uma testemunha fornece uma opinião. Por exemplo, um agente A pergunta sobre um agente B para as testemunhas $T1$, $T2$ e $T3$. $T1$ avalia o agente B como 0,9, mas informa o valor 0,1 para A . Detectada a informação falsa, o agente A deve diminuir a relevância da opinião de $T1$ em futuras combinações de opiniões.

Cada agente deve, portanto, manter um peso associado a cada outro agente ao qual ele requer opiniões. Esse peso indica uma estimativa da credibilidade da referida testemunha. Para compor a reputação do agente avaliado, as opiniões de cada testemunha são combinadas, respeitando-se o peso associado a cada uma delas.

A princípio, os pesos são iguais para todas as testemunhas. Na medida

em que o agente participa de interações, os pesos são ajustados. Deve haver um aumento do peso relativo das testemunhas que aconselharam corretamente e, em contra partida, uma diminuição do peso relativo daquelas que aconselharam erroneamente.

Neste trabalho, há a suposição de um comportamento constante das testemunhas (por exemplo, sempre mentem). Os autores indicam a necessidade de análises empíricas para medir o impacto de comportamentos alternativos (por exemplo, agentes que mentem com determinada probabilidade ou mentem apenas para alguns agentes em particular).

2.2.4

Coping with Inaccurate Reputation Sources: Experimental Analysis of a Probabilistic Trust Model

O trabalho descrito nesta subseção (Tea05) tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de reputação/confiança para garantir interações bem-sucedidas entre agentes em sistemas abertos. Os autores apontam como pontos básicos os fatos que os agentes podem ser egoístas e prover informações falsas, assim como precisam interagir com outros agentes com os quais possuem pouca ou nenhuma experiência.

A modelagem da confiança em um parceiro de interação é realizada por meio de cálculos probabilísticos, considerando-se interações passadas. Quando não há experiência suficiente, o modelo baseia-se em reputação, obtida a partir de terceiros.

O modelo, denominado TRAVOS (Trust and Reputation model for Agent-based Virtual OrganisationS), deve prover uma métrica de confiança que represente o nível de confiança em dado agente, bem como refletir o quão seguro um agente está acerca de sua opinião sobre a confiança que deposita em terceiros. Além disso, os agentes não devem pressupor que as opiniões recebidas são precisas ou verdadeiras.

O modelo permite que um agente determine sua confiança em outro agente por meio, tanto de interações diretas passadas, como de reputação. Essa confiança, que representa a tendência de um agente cumprir suas obrigações em uma transação, é dada por uma função de probabilidade.

De acordo com o modelo, cada agente deve manter: **Confiança** – probabilidade de que outro agente cumpra com os acordos definidos; e **Segurança** – o quão seguro o agente está sobre a confiança em certo agente. Um maior nível de segurança é alcançado após um maior número de interações entre os agentes em questão.

Segundo a abordagem probabilística, a confiança estimada é determinada

empregando-se a fórmula:

$$C_{est} = E[C|O],$$

onde C_{est} = confiança estimada; $E[x|y]$ = valor estimado de x , dado y ; C = confiança com base em informações completas; O = resultados observados na interação entre os agentes.

Para aumentar sua segurança na avaliação de determinado agente, o agente avaliador pode requerer opiniões de terceiros sobre o agente avaliado. Para definir seu grau de confiança, um agente deve agregar sua própria experiência com as informações recebidas. Entretanto, as informações recebidas podem não ser precisas.

Para lidar com o problema de informações de reputação imprecisas, propôs-se o seguinte método: inicialmente, calcula-se a probabilidade de cada agente fornecer uma opinião precisa (a partir de opiniões fornecidas anteriormente e interações posteriores que confirmaram ou não as previsões); em seguida, agrega-se, de acordo com funções de probabilidade, as informações recebidas de diversas fontes para gerar a reputação do agente sendo avaliado.

2.2.5

Dynamically Learning Sources of Trust Information: Experience vs. Reputation

O trabalho apresentado nesta subseção (Ful07) realiza um estudo do impacto de determinados parâmetros sobre a precisão de modelos baseados em experiência e reputação. Adicionalmente, os autores apresentam uma técnica para, a partir dos parâmetros estudados, aprender dinamicamente qual a melhor fonte para as informações de confiança – interações prévias ou informações providas por terceiros.

Os parâmetros estudados foram a frequência das interações entre os agentes, a confiança média dos agentes do sistema e a precisão das informações de reputação providas.

A bibliografia da área focou, principalmente, no desenvolvimento de algoritmos para modelagens baseadas ou em experiência, ou em reputação. Entretanto, muitos ambientes podem ser considerados híbridos, no sentido que ambas as técnicas (experiência e reputação) para determinação da confiança podem ser úteis.

É proposta a utilização de um parâmetro que indique, para diferentes cenários, maior relevância da experiência sobre a reputação (ou vice-versa). Propõe-se a utilização de uma variável de aprendizado x , que varia de 0 (decisão baseada somente em experiência) a 1 (decisão baseada somente em reputação). Valores intermediários indicam o emprego misto das duas abordagens.

O uso de experiência é favorável em sistemas com poucos agentes e interações freqüentes e repetidas, de maneira que cada agente pode conhecer bem os demais agentes do sistema. Em sistemas nos quais os agentes são em geral confiáveis, o uso de experiência também é aconselhável pois há um risco pequeno na construção de um histórico de interações.

Por outro lado, o uso de reputação se mostra mais favorável em sistemas com muitos agentes, nos quais interações são esparsas. Nesses sistemas, usualmente, há várias interações com agentes desconhecidos. Outra característica que favorece o uso de reputação é uma alta precisão das informações transmitidas por agentes do sistema.

É proposto, dessa forma, o aprendizado dinâmico de x , a variável que indica qual modelo será preponderante na determinação da confiança depositada em determinado agente. Após cada interação, observado o comportamento do agente avaliado, o agente avaliador deve atualizar seu modelo interno. Com isso, o agente pode se adaptar às características do ambiente no qual se encontra.

2.2.6

A Reputation Model Based on Testimonies

O trabalho descrito nesta subseção (Gue08) propõe um sistema de reputação híbrido, englobando características centralizadas e descentralizadas. Em sistemas puramente descentralizados, tipicamente, as ligações entre os agentes são esparsas e há a dificuldade de encontrar testemunhas. Para superar essas dificuldades, os autores apresentam um sistema no qual reputações são providas pelos próprios agentes e, também, por subsistemas centralizados.

Em sistemas de reputação descentralizados, agentes armazenam as reputações dos demais agentes com quem interagem. Ao considerar ambientes abertos com um grande número de agentes, esses sistemas apresentam alguns problemas: normalmente, não é possível haver interações freqüentes o suficiente para o estabelecimento de ligações consistentes entre os agentes; o processo de busca por testemunhas pode ser muito difícil ou moroso; e reputações podem ser influenciadas pelo ponto de vista de cada agente.

É proposto um modelo que combina características das abordagens centralizada e descentralizada. Além de os agentes poderem armazenar a reputação de outros agentes, com os quais houve interação, também são propostas organizações individuais que possuem a habilidade para avaliar e armazenar a reputação de agentes. Essas organizações baseiam suas avaliações nos testemunhos providos pelos agentes presentes no sistema.

As organizações não recebem avaliações de reputação realizadas por agen-

tes. Na verdade, elas recebem testemunhos sobre a violação de determinada norma por algum agente em particular. A partir desses testemunhos, derivam a reputação de cada agente. Violação de normas caracterizam comportamentos indesejados dos agentes.

Avaliando os Testemunhos

Quando um agente a percebe a violação de uma norma do sistema por parte de um agente b , o agente a pode testemunhar contra o agente b junto ao subsistema centralizado de reputação. É importante ressaltar que podem ocorrer falsos testemunhos, logo a veracidade dos testemunhos deve ser verificada.

Em um trabalho prévio, os autores apresentam um subsistema de julgamento responsável por receber os testemunhos e prover um veredicto sobre a culpabilidade do agente acusado. A culpabilidade é determinada empregando-se graus de (in)certeza. Esse subsistema é incorporado no presente trabalho, informando o subsistema de reputação sobre sua decisão. Assim, esses são os dois subsistemas que compõem as organizações centralizadas.

A interação entre os dois subsistemas ocorre da seguinte maneira. Ao receber a indicação de culpa de um agente, o subsistema de reputação diminui a reputação desse agente de acordo com a gravidade da norma violada. Por outro lado, ao receber a indicação de absolvição de um agente, quem possui a reputação afetada é o agente que cometeu falso testemunho.

O Modelo

Conforme indicado anteriormente, o modelo proposto combina as abordagens centralizada e descentralizada. Cada agente é capaz de avaliar e armazenar a reputação de outros agentes com quem interagiu. Além disso, um sistema central avalia a reputação dos agentes baseando-se na violação de normas.

Os agentes podem interagir com o sistema central tanto para avisar sobre a violação de uma norma, quanto para requerer informações sobre a reputação de um agente em particular. O último caso possui destacada relevância para agentes que queiram conhecer a reputação de outros agentes com quem jamais interagiram, ou mesmo atualizar seus modelos sobre agentes com quem não interagem há muito tempo.

O subsistema de reputação, ao diminuir a reputação de um agente indicado culpado pelo subsistema de julgamento, deve considerar a importância da norma violada. Cada norma deve estipular a intensidade com a qual a reputação do agente infrator será penalizada. Dessa forma, violações de

normas consideradas mais importantes implicam em um maior decréscimo da reputação do agente infrator.

Como o subsistema de julgamento lida com incerteza, o subsistema de reputação deve considerar também esse critério ao atualizar as reputações dos agentes. Por exemplo, sejam dois agentes culpados de violar a mesma norma: o primeiro condenado com 51% de certeza e o segundo com 90%. A reputação do segundo agente será fortemente influenciada por essa condenação, enquanto o decréscimo na reputação do primeiro agente será mais brando.

Adicionalmente, é proposta a consideração temporal de cada violação. Ou seja, a reputação de um agente deve ser mais fortemente impactada por violações recentes. Além desse peso maior para violações recentes, as violações possuem um prazo no qual expiram, deixando de exercer qualquer influência na reputação do agente infrator.

Apesar da expiração de sua influência sobre a reputação de um agente, cada violação permanece armazenada no sistema centralizado. Com isso, é possível punir com maior intensidade casos de reincidência.

É possível para um agente confessar dada violação da qual seja acusado. Nesse caso, o impacto negativo em sua reputação será menor.

Caso o agente acusado seja absolvido, sua reputação não é alterada. Nessa situação, quem deve ser punido é a testemunha que engendrou acusações falsas. Entretanto, é pressuposto que o falso testemunho é menos prejudicial que a violação em si. Assim, é empregado um fator de atenuação sobre a penalidade que seria aplicada ao infrator quando da punição da testemunha.

O modelo proposto permite distinguir entre três diferentes tipos de reputação: local, de função e de norma. O primeiro se refere a todas as violações cometidas por um agente quando pertencente a uma dada organização. O segundo considera as normas violadas quando o agente desempenhava uma função em particular. E, finalmente, o terceiro possui como foco as violações de uma norma em particular.

2.2.7

A Hybrid Reputation Model Based on the Use of Organizations

O trabalho apresentado nesta subseção (Sil09) apresenta um modelo híbrido de reputação que emprega organizações, utilizando-se de características de modelos centralizados e descentralizados. Agentes podem armazenar a reputação de outros agentes, assim como enviar esses dados para um mecanismo centralizado. Além disso, um agente pode ser avaliado tanto como provedor de serviços, quanto como fonte de informações de reputação.

Ambos os modelos – centralizado e descentralizado – apresentam o problema de que os valores de reputação providos não são acompanhados da interpretação que levou à geração dos mesmos. Como dois agentes podem avaliar o mesmo fato de maneiras diferentes, a tarefa de discernir entre agentes confiáveis e não-confiáveis, somente a partir de valores de reputação, se torna árdua.

Aproveitando-se dos benefícios de cada modelo e tentando superar as dificuldades de cada um deles, a abordagem proposta apresenta as seguintes principais características: agentes podem avaliar, armazenar e prover reputações, bem como as razões das avaliações; organizações armazenam e provêm reputação e informações relacionadas; há troca de informações sobre normas violadas/cumpridas que contribuíram para os valores de reputação. Finalmente, o modelo permite avaliar um agente tanto como provedor de serviços, quanto como fonte de informações de reputação.

Visão Geral

A arquitetura do modelo proposto inclui um mecanismo centralizado capaz de receber as informações de reputação, agregá-las e disponibilizá-las. Inclui, também, um mecanismo descentralizado que engloba os agentes, suas bases de dados individuais e as interações entre eles.

Visando superar o problema das avaliações subjetivas, manifestado na representação em valores numéricos das avaliações de reputação, é proposto um modelo de reputação que considera também o conjunto de normas cumpridas/violadas pelo agente avaliado. Dessa forma, a avaliação de determinado agente é acompanhada das justificativas que levaram àquela conclusão.

A abordagem proposta considera dois tipos de reputação para os agentes. Primeiro, a reputação como provedor de serviços que representa o grau de satisfação atingido por um agente cliente após a utilização dos serviços de outro agente. Essa reputação reflete cumprimentos e/ou violações ocorridos durante a interação. Segundo, a reputação como fonte de informações que consiste na satisfação de um agente cliente após requerer opiniões sobre terceiros a outro agente. As opiniões providas por um agente com baixa reputação como fonte de informações não devem ser consideradas confiáveis.

A distinção entre os dois tipos de reputação é importante pois a primeira lida com a competência de um agente requerido para um serviço em particular, enquanto a segunda se refere à precisão das informações de reputação providas por um agente. Ambos os tipos são relevantes em diferentes momentos.

É permitido aos agentes definirem normas individuais. Essas normas devem especializar alguma outra norma universal ao sistema. Normas individuais

são privadas e podem ser compartilhadas caso o agente deseje. Ao avaliar outro agente, podem ser empregadas ambas as normas, individuais ou gerais.

Mecanismo Descentralizado

Agentes devem possuir a capacidade de avaliar e armazenar o comportamento dos agentes com quem interagiram, além de prover essas informações quando houver requisições.

Para avaliar o comportamento de outro agente ao prover um serviço, devem ser consideradas a interação analisada e o papel desempenhado pelo agente provedor do serviço. Nessa avaliação, é fundamental a verificação de cada norma que regula a interação. Devem ser consideradas desde as normas mais específicas até as mais gerais.

Inicialmente, para realizar a avaliação, um agente deve verificar se as normas gerais foram cumpridas. Em seguida, deve conferir o cumprimento de suas normas individuais.

O comportamento dos agentes como provedores de informação de reputação é regulado por uma única norma: não mentir ao prover as informações. Essa norma independe dos papéis ou interações entre os agentes. A reputação de um agente como fonte de informações só pode ser aferida após a interação do agente que requisitou a informação com o agente sobre o qual houve a troca de informações. Nesse caso, o agente que recebeu a informação pode avaliar se a informação recebida é consistente com o comportamento observado do agente com quem interagiu.

A troca proposta de reputações entre os agentes engloba mais do que o simples valor numérico da reputação. Ao transmitir informações de reputação, um agente deve informar o agente avaliado, o papel que o mesmo desempenhava quando da avaliação, a relação existente entre os agentes, a data da avaliação, as normas relevantes para a situação e as ações que cumpriram ou violaram tais normas.

Mecanismo Centralizado

O mecanismo centralizado proposto permite receber e disponibilizar as experiências passadas dos agentes. O principal diferencial é a possibilidade da indicação das normas cumpridas/violadas, assim como os fatos que contribuíram para as avaliações. Além disso, é possível conhecer o agente provedor de uma informação, assim como sua reputação.

Sempre que um agente realiza uma avaliação, ele pode submetê-la para o mecanismo centralizado. Essa submissão é motivada pela vontade do agente de angariar prestígio social. O prestígio é aumentado ao submeter informações

corretas e úteis. Com um maior prestígio, aumentam as chances de ser escolhido como parceiro em uma interação por outro agente.