

7 - Conclusões e Trabalhos Futuros

Ambientes multiagentes são caracterizados por duas propriedades fundamentais: a autonomia dos agentes e sua organização. O atributo *autônomo* significa que o agente tem sua existência independente dos demais e mesmo do problema sendo solucionado (Weiss, 1999). A organização estabelece restrições aos comportamentos dos agentes, visando definir um comportamento grupal coeso.

De acordo com um estudo realizado por (Hubner et al, 2002), os modelos de organizações desenvolvidos na área de sistemas multiagentes podem ser agrupados em dois grandes grupos: aqueles que têm o foco principais nos *planos globais* (ou tarefas) do SMA e aqueles que têm foco nos *papéis*.

O primeiro grupo atém-se a problemas tais como especificação de planos globais, políticas de alocação, qualidade em que são produzidos os resultados e principalmente na coordenação da execução destes planos pelos agentes (Hubner et al, 2002). A organização é vista como um conjunto de planos globais que leva os agentes a atingirem um conjunto de objetivos globais.

Um segundo grupo prioriza a *estrutura* de relações entre os agentes, ou, em um nível maior, os papéis que formam a organização. Os agentes passam a pertencer a grupos ou divisões. A organização contribui para a satisfação dos objetivos globais na medida em que os agentes devem respeitar os papéis que lhe foram confinados.

A abordagem de leis, como adotado em sistemas normativos, tem seu foco na definição de regras, especialmente referentes à organização, com o intuito de se os comportamentos observáveis dos agentes estão em conformidade com padrões de comportamento previamente especificados. A diferença crucial entre um sistema multi-agente contratual e um normativo é que no primeiro o mecanismo de controle é feito no agente e não em um mediador (“juiz”) que verifica se as leis estão sendo obedecidas ou não. Sistemas normativos não garantem que os agentes estão cumprindo o serviço assumido quando foram aceitos na organização ou negociação com outros agentes. O uso de contratos delimitando deveres e obrigações pode ser uma alternativa eficaz para proteger servidores (aqueles que executam, o serviço) de solicitações fora das

especificações e proteger clientes (os que solicitam os serviços) de receber resultados não especificados.

A abordagem proposta baseada em contratos, que adota o conceito de serviços oferecidos e requeridos pelos agentes pode ser classificada como uma organização centrada nos papéis que os agentes desempenham. Um agente assume um ou mais contratos de serviços, que ficam registrados através de um contrato de componente do agente. Agentes ainda podem possuir contatos de ligações com outros agentes, como identificado em outros modelos, por exemplo o modelo MOISE (Hannoun, 2002), e participar de um contrato de composição, o qual encapsula um conjunto de agentes responsáveis por exportar determinados serviços para a organização. Um mecanismo de verificação de contratos é responsável por monitorar o comportamento dos agentes com o intuito de identificar agentes que não cumpram com os contratos assumidos. O objetivo final desta modelagem é prover uma abordagem que auxilie a criação de sistemas fidedignos, ou seja, que permita que se identifiquem facilmente agentes que não estão desempenhando corretamente seus serviços acordados quando aceitos na organização.

Há vários tópicos de pesquisa que podem ser abordados em trabalhos futuros. Um deles seria uma forma de se utilizar a idéia de contratos conjuntamente com a abordagem de leis (Minsky et al, 2000), em sistemas normativos. Outro tópico seria o desenvolvimento de ferramentas que permitissem a implementação de um mecanismo de contratos de forma gráfica.

Atualmente, o mecanismo de contratos proposto nesta dissertação está focado em sistemas multi-agentes. Como um trabalho futuro, espera-se expandir os conceitos de contratos para uma abordagem de engenharia de software que permita considerar a interação de sistemas de software como uma entidade de primeira ordem. (Milner, 1994) define um sistema de software como sendo um composto de vários subsistemas que interagem para prover diversas funcionalidades. Atualmente, existe um número crescente de aplicações onde os subsistemas estão fisicamente distribuídos. Desta forma, é preciso não somente controlar o que acontece em um escopo limitado de um único computador e de seus subsistemas, mas também controlar o que acontece em sistemas cujos componentes estão interagindo de forma distribuída e assíncrona.

O problema da cadeia de fornecimento (em inglês: *Supply Chain Management*) foi escolhido para a demonstração da viabilidade do mecanismo de contratos em sistemas multi-agentes abertos. A escolha de uma cadeia de suprimentos baseou-se no fato de que uma cadeia de suprimentos é

extremamente dinâmica e envolve um grande fluxo de informação, produtos e recursos financeiros entre diferentes agentes e um dos pontos de maior destaque atualmente é como fazer com que os participantes da cadeia de suprimentos obedecem a regras ou contratos previamente estabelecidos. Para se verificar que os contratos foram escritos de forma correta, foram realizados casos de testes através de agentes mutantes. Foram simuladas situações cujo comportamento correto do agente era esperado e situações na qual esperava-se que o contrato fosse infringido. Entretanto, em um sistema real, o comportamento do sistema emerge de uma seqüência não prevista de interações. Assim, seria interessante se estudar uma forma de aplicar mutantes em agentes de modo a simular comportamentos não previstos a priori.

A abordagem contratual proposta neste trabalho apresenta conceitos que permitem a aplicação de contratos de serviços, de componente, de *assembly* e de composição. Uma possível linha de pesquisa futura seria expandir os tipos de contratos suportados pelo *framework*, como contratos qualitativos e de sincronização (Beugnard et al, 1999) para ambientes multi-agentes abertos.

Nesta dissertação foi desenvolvida uma abordagem de contratos para alcançar um maior grau de previsibilidade e confiança em sistemas multi-agentes abertos. Uma das conseqüências deste trabalho é que os papéis assumidos pelos agentes passaram a representar uma entidade de primeira ordem. Ou seja, o papel que o agente assume na organização deixou de ser apenas informativo para estar sob o controle de um rigoroso mecanismo de contratos, que verificará a conformidade dos serviços providos pelos agentes em relação ao seu papel, que é definido pelo contrato assumido pelo agente na organização.