

Padrões Arquiteturais e de Projeto para a Modelagem de Usuários baseada em Agentes

Ismênia Ribeiro de Oliveira, Rosario Girardi

Universidade Federal Maranhão (UFMA) – GESEC/DEINF
Av. dos Portugueses, s/n, Campus do Bacanga – São Luís – MA – Brasil

ism_oliveira@yahoo.com.br, rgirardi@deinf.ufma.br

***Abstract.** Most software systems have not the ability to satisfy heterogeneous user needs. Each user has particular knowledge level, needs, abilities and preferences. In that context, there is a need for building systems adaptable to each user type or group of users with common characteristics. This article approaches user modeling as a mean of producing adaptation effects in a system and proposes solutions for frequent user modeling problems in the form of agent-based architectural and detailed software patterns.*

***Resumo.** A maioria dos sistemas de software não tem a habilidade para satisfazer as necessidades heterogêneas dos seus usuários. Cada usuário tem níveis de conhecimento, necessidades, habilidades e preferências bastante variadas. Nesse contexto surge a necessidade de construir sistemas que se adaptem a cada tipo de usuário ou grupo de usuários com características comuns. Este artigo aborda a modelagem de usuários como forma de produzir efeitos de adaptação em um sistema e propõe soluções recorrentes para problemas recorrentes de projetos de modelagem de usuários na forma de padrões arquiteturais e de projeto.*

***Palavras chave:** modelagem de usuários, sistemas multiagente, padrões de software, sistemas adaptativos.*

1. Introdução

A maioria dos sistemas de software não tem a habilidade para satisfazer as necessidades heterogêneas dos seus usuários. Cada usuário tem níveis de conhecimento, habilidades e preferências bastante variadas. Nesse contexto surge a necessidade de construir sistemas que se adaptem a cada tipo de usuário ou grupo de usuários com características comuns.

É possível adaptar sistemas de acordo com o conhecimento ou experiência do usuário, histórico de ações anteriores, propriedades cognitivas (estilo de aprendizado, personalidade), objetivos e planos (intenções) do usuário, seus interesses e preferências.

Um importante componente dos sistemas interativos adaptáveis é a habilidade para modelar os usuários do sistema. A modelagem de usuários é essencial em sistemas que tentam adaptar seu comportamento aos usuários para interagir de forma mais inteligente e individualizada.

Um grande desafio encontrado na modelagem de usuários é tratar a heterogeneidade dos usuários de software. Uma solução para este problema seria projetar e implementar a modelagem dos usuários e a adaptabilidade dos sistemas através de utilização da abordagem de agentes. Seriam usados agentes especializados e individualizados para cada usuário ou grupos de usuários, como agentes de interface, agentes de modelagem e agentes de adaptação.

Um agente é uma entidade autônoma, que possui um sistema interno de tomada de decisões, agindo sobre o mundo e sobre outros agentes que o rodeiam e por fim, que é capaz de funcionar sem a necessidade de algo ou alguém para guiá-lo. A analogia feita com agentes no mundo real nos leva a conceituar um agente como uma entidade ativa, sempre ao lado do usuário e que possui conhecimentos específicos sobre um determinado domínio. De posse de bases de conhecimento e de mecanismos de raciocínio, os agentes devem ser capazes de reconhecer situações em que devem se ativar, sem que o usuário perceba, ou seja, de forma transparente ao usuário [WOOLDRIDGE and JENNINGS 1994].

Segundo Wooldridge e Jennings [WOOLDRIDGE and JENNINGS 1994], a construção e a especificação da estrutura e funcionamento de um agente genérico pode ser realizada segundo três tipos de arquiteturas:

- **Arquiteturas deliberativas:** segue a abordagem clássica da Inteligência Artificial, onde os agentes contêm um modelo simbólico do mundo, explicitamente representado, e cujas decisões (ações) são tomadas via raciocínio lógico, baseadas em casamento de padrões e manipulações simbólicas;
- **Arquiteturas reativas:** a arquitetura reativa é aquela que não inclui nenhum tipo de modelo central e simbólico do mundo e não utiliza raciocínio complexo e simbólico. Baseia-se na proposta de que um agente pode desenvolver inteligência a partir de interações com seu ambiente, não necessitando de um modelo pré-estabelecido;
- **Arquiteturas híbridas:** a arquitetura híbrida mistura componentes das arquiteturas deliberativas e reativas com o objetivo de torná-la mais adequada e funcional para a construção de agentes.

Essas considerações feitas sobre agentes nos levam a crer que a modelagem de usuários seria tremendamente melhorada e facilitada caso fosse implementada com agentes inteligentes, além da melhora na eficiência e eficácia do sistema, através dos mecanismos de adaptação.

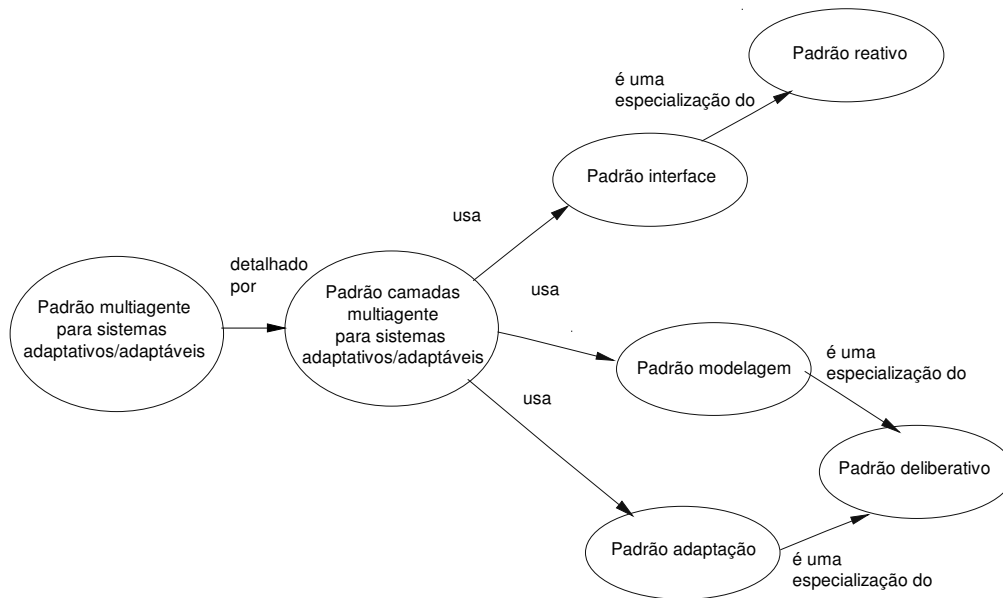


Figura 1 Rede semântica mostrando o relacionamento entre os padrões propostos

Este artigo aborda a modelagem de usuário como forma de produzir efeitos de adaptação em um sistema. A partir desse estudo são propostas soluções recorrentes para problemas recorrentes de projetos de modelagem de usuário, ou seja, padrões arquiteturais e de projeto especializados na modelagem de usuário e adaptação de sistemas. A Figura 1 mostra, em uma rede semântica, o relacionamento entre os padrões para esses sistemas. O padrão *multiagente para sistemas adaptativos/adaptáveis* justifica a escolha da abordagem de agentes para sistemas adaptativos. A organização dos agentes no sistema multiagente é descrita pelo padrão arquitetural *camadas multiagente para sistemas adaptativos/adaptáveis* que distribui os agentes em camadas conforme as tarefas que serão executadas pelos mesmos. O detalhamento dos agentes que compõem as camadas é descrito pelos padrões *interface*, *modelagem* e *adaptação*. Os padrões *modelagem* e *adaptação*, por sua vez, são derivados do padrão *deliberativo*. Já o padrão *interface* é derivado do padrão *reativo*.

Neste artigo serão apresentados os padrões: *multiagente para sistemas adaptativos/adaptáveis*, *camadas multiagente para sistemas adaptativos/adaptáveis*, *deliberativo*, *reativo* e *modelagem*: A Tabela 1 apresenta um resumo desses padrões, descrevendo o problema e a solução do padrão.

Tabela 1 Padrões para o projeto de sistemas adaptativos/adaptáveis

Problema	Solução	Padrão
Como construir e organizar sistemas que modelam características e preferências de usuários de forma a adaptar-se às suas necessidades?	Implementar e projetar sistemas que modelam características e preferências de usuários e produzem adaptação através de utilização da abordagem de agentes.	Multiagente para Sistemas Adaptativos/adaptáveis
Como estruturar uma comunidade de agentes heterogêneos para construir modelos de usuários e se adaptar às necessidades de diferentes tipos de usuários ou grupos de usuários?	O padrão agrupa os agentes em três camadas, de acordo com as principais funcionalidades exercidas por sistemas adaptativos/adaptáveis: camada de interface; que colhe informações sobre usuários; camada de modelagem, que cria e mantém modelos de usuários; camada de adaptação, que cria modelos de adaptação.	Camadas Multiagente para Sistemas Adaptativos/Adaptáveis
Como projetar um agente para que possa raciocinar sobre um problema de forma que o possibilite atingir metas pró-ativamente dentro do contexto no qual está inserido?	O agente deve ser do tipo deliberativo, ou seja, ele deve possuir modelos simbólicos internos de do ambiente no qual ele está inserido e de si mesmo e raciocinar sobre esses modelos para criar um plano para atingir suas metas. A solução do padrão estrutura o agente em cinco camadas: camada de comunicação, que envia e processa mensagens; camada de ação, que atua no ambiente executando ações; camada de raciocínio, onde o agente elabora metas e planos; camada sensitiva, através da qual o agente percebe do ambiente; camada de conhecimento, onde o agente armazena informações sobre o estado corrente do ambiente.	Deliberativo
Como projetar um agente para apenas reagir a estímulos do ambiente no qual está inserido ou a mensagens de outros agentes quando ele não tem conhecimento sobre esse ambiente e nem pode aprender a partir dele?	O agente deve ser do tipo reativo, ou seja, ele não tem um modelo interno do ambiente no qual está inserido, o agente deve agir usando um comportamento estímulo/resposta. A solução do padrão estrutura o agente em quatro camadas: camada de comunicação, que envia e processa mensagens; camada de ação, que atua no ambiente executando ações; camada de regras, que armazena um conjunto de regras de condição-ação; camada sensitiva, através da qual o agente percebe do ambiente.	Reativo
Como criar modelos de usuários para avaliar comportamentos e conhecimentos desses usuários para que possam ser utilizados na adaptação de sistemas multiagente?	A solução envolve a criação de um agente de modelagem do tipo deliberativo, cuja estrutura é descrita pelo padrão deliberativo, adicionando nessa estrutura conhecimento e ações específicos para que o agente seja capaz de criar e manter modelos de usuários.	Modelagem

2. Padrão Multiagente para Sistemas Adaptativos/adaptáveis

Nome: Multiagente para sistemas adaptativos/adaptáveis

Problema: Como construir e organizar sistemas que modelam características e preferências de usuários de forma a adaptar-se às suas necessidades?

Contexto: Os modelos de usuários são aplicados em sistemas adaptativos, como:

- Comércio eletrônico [STRACHAN 1997];
- Interfaces adaptativas [LANGLEY 1999];
- Guias turísticos [FINK 2002] ;
- Sistemas de recomendação que filtram a informação e dão sugestões aos usuários [NICK 2001];
- Sistemas que customizam a interação de acordo com as preferências, metas, tarefas, necessidades e conhecimento do usuário [NICK 2001];
- Sistemas tutoriais inteligentes que visam ensinar selecionando o conteúdo, o estilo e o método, de acordo com o nível de conhecimento e as características de cada aluno [BEAUMONT 1994].

Força: Dentre os desafios encontrados na modelagem de usuários, podemos citar:

- As mudanças ocorridas no perfil do usuário sejam mudanças operacionais ou cognitivas que devem ser refletidas no modelo de usuário;
- A dificuldade de avaliar o conhecimento dos usuários, assim como a evolução do mesmo;
- A influência de fatores externos no comportamento do usuário, ocultando o seu verdadeiro perfil;
- Decidir quão detalhado e flexível pode ou deve ser o modelo;
- Tratar a heterogeneidade dos usuários de software.

Solução: Uma solução é implementar e projetar sistemas que modelam características e preferências de usuários e produzem adaptação através de utilização da abordagem de agentes. As características de cooperação, autonomia e adaptação, próprias dos agentes, seriam ideais para caracterizar usuários heterogêneos, facilitando assim, a modelagem de usuários e a adaptação de sistemas. Seriam usados agentes especializados para cada usuário ou grupos de usuários, como agentes de interface, agentes de modelagem e agentes de adaptação.

Processo de personalização em aplicações pode ser dividido em três tarefas maiores que podem ser executadas por diferentes componentes dos sistemas [PALAZZO 2003]:

- **A aquisição:** consiste em identificar informações sobre usuários, como características, comportamento de uso do computador, assim como o uso do ambiente através do monitoramento do uso do computador ou obtendo essas informações de recursos externos; fazer essas informações acessíveis ao componente de adaptação da aplicação; construir modelos iniciais dos usuários,

do uso do computador e ou do ambiente (chamados de modelos de usuários, modelos de uso e modelos de ambiente);

- **A representação:** consiste em representar os conteúdos dos modelos de usuários e modelos de uso, apropriadamente, em um sistema formal, permitindo o seu acesso e posterior processamento; formular suposições sobre usuários e/ou grupos de usuários, seus comportamentos e seu ambiente, desse modo integrar informações de várias fontes;
- **A produção:** consiste em gerar a adaptação do conteúdo, da apresentação, da modalidade e da estrutura, baseada no modelo do usuário, modelo de uso e modelo do ambiente.

A solução do padrão atribui as tarefas de aquisição, representação e produção, respectivamente, aos agentes de interface, modelagem e adaptação, como pode ser visualizado na Figura 2. Primeiramente, o agente de interface colhe dados sobre o usuário; na execução da tarefa de modelagem de usuário, esses dados são processados e representados em um modelo de usuário pelo agente de modelagem; posteriormente o agente de adaptação produz um modelo de adaptação baseado no modelo de usuário.

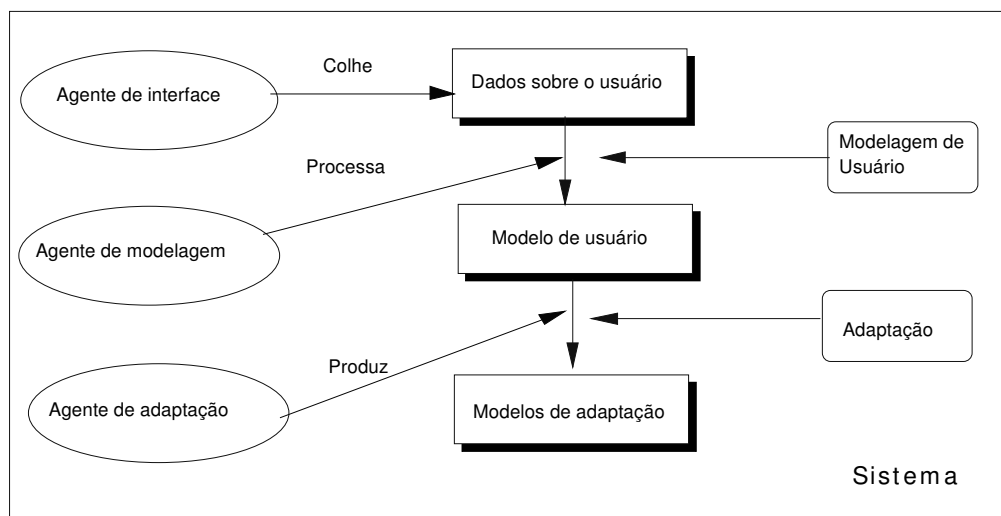


Figura 2 O processo modelagem de usuários e de adaptação de um sistema utilizando agentes.

A estruturação dos agentes em sistemas adaptativos que modelam características dos usuários é descrita no padrão arquitetural [camadas multiagente para sistemas adaptativos/adaptáveis](#).

Usos conhecidos: Bylund [BYLUND 1997] e Baldassin [BALDASSIN 2002] propõem o uso de agentes de serviços, agentes de adaptação e agente de apresentação para oferecer serviços personalizados aos usuários, distribuindo tarefas entre esses agentes.

3. Camadas Multiagente para Sistemas Adaptativos/adaptáveis

Nome: Camadas para sistemas adaptativos/adaptáveis

Problema: Como estruturar uma comunidade de agentes heterogêneos para que possam construir modelos de usuários e se adaptar às necessidades de diferentes tipos de usuários ou grupos de usuários?

Contexto: Um sistema necessita satisfazer necessidades e preferências de usuários individuais ou grupais, tais como apresentar o que ele quer ver, ajudar o usuário a encontrar informação, adaptar uma interface, dar ao usuário feedback sobre seu conhecimento, prever o comportamento futuro deste usuário.

Força: A organização dos agentes em camadas, segundo a similaridade de responsabilidades a serem executadas pelos agentes de cada camada, torna o sistema mais flexível, extensível e de fácil entendimento e manutenção. A alteração de uma camada não pode afetar mais que duas camadas, dado que uma camada se comunica no mínimo com uma camada e no máximo com duas. Além disso, esta organização fornece um crescimento gradual da complexidade entre as camadas, de uma forma *top-down*.

Solução: A solução envolve a definição de um critério para a divisão das responsabilidades entre agentes distribuídos em camadas. Os sistemas adaptativos/adaptáveis que usam a modelagem de usuários são compostos basicamente por uma camada de interface, uma camada de modelagem e uma camada de adaptação, sendo que podem ser adicionadas novas camadas de acordo com o tipo de serviço que o sistema adaptativo/adaptável irá prover ao usuário. As camadas estão organizadas de modo a fornecer e requisitar serviços às suas camadas adjacentes, como pode ser visualizado na Figura 3.

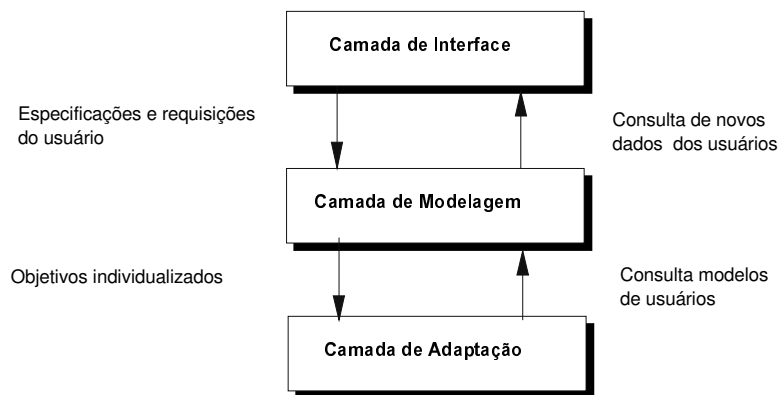


Figura 3. Padrão camadas multiagente para a modelagem de usuários

Camada de interface

A camada de interface consiste em um grupo de agentes de interface onde cada agente está associado a um usuário ou grupo de usuários com necessidades similares para auxiliá-lo(s) em muitas tarefas. Esses agentes são estruturados de acordo com o padrão interface, um tipo de [padrão reativo](#) onde as camadas Ação e Regras são especializadas para suportar as seguintes responsabilidades:

- Apresentar uma interface inicial, caso o usuário ainda não possua um modelo de usuário, ou personalizada, baseando-se no modelo de usuário corrente;
- Processar consultas;

- Colher informações sobre usuários, tais como características dos usuários, comportamento durante o uso do computador ou do sistema, através do monitoramento do uso do computador ou requisitando essas informações diretamente ao usuário;
- Dependendo da abordagem adotada, fazer perguntas ao usuário a fim de obter informações adicionais durante a realização da tarefa;
- Caso seja adotado um sistema de feedback, fazer perguntas a respeito dos resultados para possíveis melhoras na eficácia do sistema;
- Apresentar informações aos usuários de forma personalizada (respostas e explicações).

Camada de modelagem

A camada de modelagem consiste em um grupo de agentes de modelagem. Cada agente de modelagem provê serviços para um agente de interface.

Esses agentes são estruturados de acordo com o [padrão modelagem](#), um tipo de [padrão deliberativo](#), onde a camada Conhecimento é especializada em armazenar o modelo de usuário e as camadas Raciocínio e Ação são especializadas para suportar as seguintes responsabilidades:

- Processar a informação provida pelo usuário, através de um agente de interface e atualizar ou criar modelos de usuários, se eles ainda não existirem, de acordo com esta informação;
- Formular metas ou inferir suposições sobre usuários ou grupo de usuários com base nos modelos de usuários;
- Reformular consultas, tarefas e metas dos usuários de acordo com os modelos de usuários e enviá-las ao agente de adaptação correspondente;
- Processar resultados recebidos dos agentes de adaptação e atualizar o correspondente modelo de usuário.

Camada de adaptação

A camada de adaptação consiste em um conjunto de agentes de adaptação. Cada agente de adaptação provê serviços para o agente de modelagem. O agente de adaptação é estruturado pelo padrão adaptação, um tipo de [padrão deliberativo](#) onde a camada de Conhecimento é especializada em armazenar modelos de adaptação e as camadas Raciocínio e Ação são especializadas para suportar as seguintes responsabilidades:

- Processar as tarefas, consultas e metas dos usuários de forma personalizada de acordo com o modelo de usuário;
- Estabelecer metas para solucionar problemas de adaptação e formular um plano de ações, de acordo com os modelos de adaptação, para alcançar essas metas e para provê serviços personalizados requisitados pela camada de modelagem.

Usos Conhecidos: A organização em camadas é típica das arquiteturas multiagente para filtragem e recuperação de informação, tais como as arquiteturas RETSINA [DINIZ 2001] [SHEHORY and SYCARA 2000], AMALTHAEA [DINIZ

2001] [MOUKAS and MAES 1996] e ABARFI [DINIZ 2001], bem como as arquiteturas de sistemas Web Adaptativos, como a arquitetura genérica descrita por Sharma [SHARMA 2001]. Este padrão é inspirado nas soluções arquiteturais propostas por tais sistemas.

4. Padrão Modelagem

Nome: Modelagem

Problema: Como criar modelos de usuários para avaliar comportamentos e conhecimentos desses usuários e manter esses modelos atualizados para que possam ser utilizados na adaptação de sistemas multiagente?

Contexto: Utiliza-se o padrão modelagem:

- Em sistemas multiagente onde há a necessidade da construção de modelos de usuários que serão utilizados como referência para fornecer serviços diferenciados às requisições e necessidades desses usuários;
- Necessita-se de um sistema com resultados diferenciados, buscando sempre respostas rápidas e pontuais;
- Necessita-se de agentes responsáveis pela tarefa de construir e manter modelos de usuários em sistemas adaptáveis/adaptativos, de forma cooperativa.

Força: Em sistemas adaptáveis/adaptativos é necessária a construção de modelos de usuários ou grupos de usuários para que esses modelos possam ser utilizados na adaptação destes sistemas.

Solução: A solução envolve a criação de um agente de modelagem do tipo deliberativo, cuja estrutura é descrita pelo [padrão deliberativo](#), adicionando nessa estrutura conhecimento e ações específicos para que o agente seja capaz de construir e manter modelos de usuários.

Através da *camada sensitiva*, o agente de modelagem recebe requisições, especificações e dados do usuário e faz um registro do comportamento do usuário, em particular, de sua interação com o sistema.

A *camada de raciocínio* faz uma classificação dos usuários como pertencentes a um ou mais grupos e introduz as características específicas de tais grupos no modelo individual de cada usuário, de acordo com a camada de conhecimento; formula hipóteses sobre o usuário com base na história da sua interação com o sistema; generaliza a história da interação de muitos usuários em estereótipos; faz a inferência de novas hipóteses sobre os usuários, com base nos fatos iniciais; faz manutenção da consistência dos modelos de usuários e verifica novas informações comparando com informações anteriores, sempre consultando e atualizando a camada de conhecimento.

Através da *camada de ação*, o agente de modelagem executa e escalona planos elaborados pela camada de raciocínio.

Na *camada de comunicação*, o agente envia e processa mensagens.

Na *camada de conhecimento*, o agente armazena a representação de fatos sobre um ou mais tipos de características de usuários em modelos de usuários individuais (por

exemplo, fatos sobre o seu conhecimento, objetivos, planos, preferências, tarefas e habilidades) e a representação das características comuns aos usuários participantes de grupos específicos em modelos grupais (estereótipos) no âmbito da aplicação.

Usos Conhecidos: Este padrão está sendo utilizado na construção de agentes de modelagem que utilizam técnicas de aquisição implícitas do modelo baseadas em algoritmos genéticos [SOBRINHO 2003] no contexto dos projetos de pesquisa MaAE e JURÍDICAS [GIRARDI 2002].

5. Padrão Deliberativo

Nome: Deliberativo

Problema: Como projetar um agente para que possa raciocinar sobre um problema de forma que o possibilite atingir metas pró-ativamente dentro do contexto no qual está inserido?

Contexto: Utiliza-se o padrão deliberativo quando:

- Necessita-se que um agente esteja apto a exibir comportamento direcionado a metas tomando iniciativas e raciocinando para atingir seus objetivos;
- O agente tem que tomar decisões via raciocínio lógico;
- O agente tem que interpretar percepções, resolver problemas, fazer inferências e determinar ações;
- O agente tem que ser capaz de adaptar-se às mudanças no ambiente.

Força: Em sistemas que executem tarefas complexas, o padrão deliberativo simplifica a realização das mesmas, uma vez o agente possui conhecimento sobre o ambiente no qual está inserido e mecanismos de raciocínio para encontrar uma solução adequada.

O uso deste padrão não é indicado em aplicações que exijam respostas rápidas que não necessitem de raciocínio complexo e simbólico.

Solução: O agente deve ser do tipo deliberativo, ou seja, ele deve possuir modelos simbólicos internos de raciocínio do ambiente no qual ele está inserido e de si mesmo, ele raciocina sobre esses modelos para criar um plano para atingir suas metas. O padrão deliberativo estrutura o agente em cinco camadas organizadas verticalmente e horizontalmente: camada de comunicação, camada de ação, camada de raciocínio, camada sensitiva e camada de conhecimento. A estrutura do padrão deliberativo está representada na Figura 4.

Através da *camada de sensitiva*, o agente percebe do ambiente e atualiza seu conhecimento com estas percepções para refletirem o estado corrente do ambiente. Percepções são informações que o agente pode receber do mundo real, informações de recursos e interações com outros usuários. A camada sensitiva também recebe mensagens de outros agentes da sociedade.

Na *camada de raciocínio*, baseado nos seus conhecimentos, o agente elabora metas e planos para atingir essas metas.

Na *camada de ação* o agente atua no ambiente executando ação ou ações em um plano gerado pela camada de raciocínio. A ação executada é armazenada na camada de conhecimento para refletir os efeitos das ações no ambiente. A camada de ação serve a camada de comunicação. Durante a execução de um plano, um agente pode determinar a necessidade de cooperação com outros agentes, requerendo informações ou pedindo para executar ações. Esta cooperação é suportada pela camada de comunicação.

Na *camada de comunicação*, o agente envia e processa mensagens.

A *camada de conhecimento* é um repositório onde o agente armazena informações sobre o estado corrente do ambiente através do histórico das percepções do agente e ações executadas. Esta camada contém recursos e comportamento do agente e também conhecimento sobre as habilidades dos outros agentes da sociedade.

As camadas sensível, raciocínio, ação e comunicação têm acesso direto a camada de conhecimento para que possam executar suas respectivas funcionalidades.

Cada camada pode ser construída através da composição de um grupo de padrões para prover a funcionalidade de cada camada.

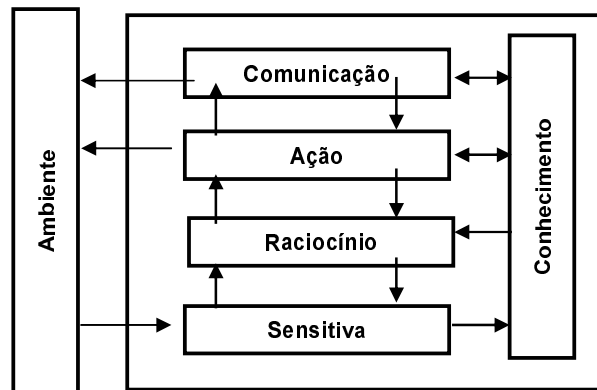


Figura 4 Estrutura do Padrão Deliberativo

O ciclo de execução do agente consiste em: na camada sensível, a percepção é usada para atualizar o conhecimento do agente. Na camada de raciocínio, este conhecimento é usado para determinar, dinamicamente, as metas correntes do agente para as quais um plano de ações foi construído, de acordo com as capacidades e comportamento do agente na camada de conhecimento. O plano é então executado na camada de ação. Quando um plano necessita de ações que o agente não está apto a executar porque elas não fazem parte das suas capacidades e comportamentos, a camada de comunicação determina a necessidade de cooperação com outros agentes. Então mensagens são enviadas para agentes capazes de ajudá-lo a cumprir o plano; as mensagens de outros agentes são recebidas através da camada sensível, depois então o ciclo completo é repetido. A camada de conhecimento é atualizada a cada novo ciclo pelas demais camadas.

Usos conhecidos: Os agentes deliberativos são amplamente utilizados em arquiteturas multiagente que utilizam raciocínio complexo [WOOLDRIGE and JENNINGS 1994]. Kendall [KENDALL 1997] propõe um padrão agente deliberativo que difere do padrão proposto neste trabalho principalmente em dois aspectos. Primeiro,

o padrão agente deliberativo sugerido por Kendall acrescenta as camadas de mobilidade e tradução, funcionalidades das quais fazemos abstração atualmente no nosso trabalho. Segundo, o nosso padrão propõe a base de conhecimento como camada que interage verticalmente com todas as outras camadas do agente deliberativo. Infelizmente, os ambientes de desenvolvimento de sistemas multiagente, como AgentBuilder [AGENTBUILDER 2003] e Zeus [ERICEIRA 2001] e Jade [JADE 2003] usam diferentes arquiteturas genéricas para a construção de agentes deliberativos. Eles provêm funcionalidades semelhantes às fornecidas pelas camadas do padrão deliberativo que nós propusemos. Porém, a forma como os módulos interagem é diferente. No agente genérico do AgentBuilder e Jade/Jess, os módulos interagem diretamente sem considerar uma hierarquia de camadas. O agente genérico do Zeus é organizado em camadas, no entanto o conhecimento do agente está distribuído em várias camadas.

6. Padrão Reativo

Nome: Reativo

Problema: Como projetar um agente para apenas reagir a estímulos do ambiente no qual está inserido ou a mensagens de outros agentes quando ele não tem conhecimento sobre esse ambiente e nem pode aprender a partir dele?

Contexto: Utiliza-se o padrão reativo quando:

- É necessário um agente que não utilize raciocínio complexo e que não tenha conhecimento sobre o seu ambiente;
- Um agente deve reagir a estímulos do ambiente;
- Em aplicações que exijam respostas rápidas.

Força: o uso deste padrão é indicado em aplicações que demandam respostas rápidas requerendo que os agentes reajam a estímulos e atuem no seu ambiente. Mesmo não exibindo comportamento racional, grupos de agentes estruturados de acordo com padrão reativo podem exibir algum tipo de comportamento inteligente através da interação com outros agentes em sistemas multiagente.

Solução: O agente deve ser do tipo reativo, ou seja, ela não deve ter um modelo interno do ambiente no qual está inserido, o agente deve agir usando um comportamento estímulo/resposta de acordo com o estado corrente do ambiente ao qual está integrado. A solução do padrão reativo estrutura um agente em quatro camadas: comunicação, ação, regras e sensitiva. A estrutura do padrão reativo está representada na Figura 5.

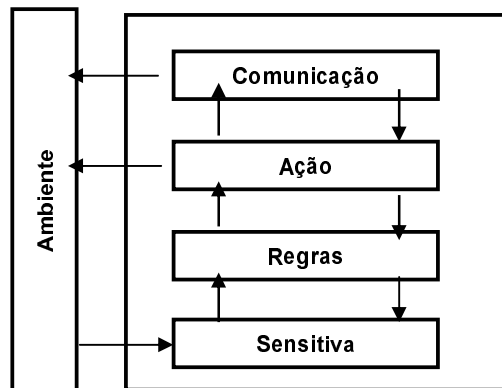


Figura 5 Estrutura do Padrão Reativo

Através da *camada sensitiva*, o agente percebe o ambiente. Percepções são informações que o agente pode receber do mundo real, informações de recursos e interações com usuários. A camada sensitiva também recebe mensagens de outros agentes da sociedade. A camada sensitiva serve a camada de regras.

A *camada de regras* é composta de um conjunto de regras de condição-ação da forma “se <condição> então <ação>”. Baseado nos estímulos percebidos pela camada sensitiva uma regra condição-ação é escolhida. A camada de regras serve a camada de ação.

Na *camada de ação*, uma ação é selecionada para ser executada.

Durante a execução de uma ação, o agente determina a necessidade de cooperação com outros agentes para requerer informações ou pedir a execução de uma ação, a camada de comunicação suporta a cooperação com outros agentes.

Na *camada de comunicação*, o agente envia e processa mensagens.

Cada camada pode ser construída através da composição de um grupo de padrões para prover a funcionalidade de cada camada.

O ciclo de execução do agente consiste em: na camada sensitiva, um estímulo é percebido. Na camada de regra, este estímulo é usado para determinar a ação que o agente irá executar na camada de ação. Se para a realização da ação selecionada o agente necessitar cooperar com outros agentes, a camada de comunicação é ativada. Então mensagens são enviadas para os agentes capazes de cooperar; as respostas dos outros agentes são recebidas através da camada sensitiva, então o ciclo completo se repete.

Usos conhecidos: Este tipo de solução para a estruturação dos agentes foi originalmente proposta na arquitetura de classificação de Brooks [BROOKS 1986]. Kulkami [KULKAMI 2002] criou um sistema de comportamento reativo chamado ReBa que pode disparar diferentes ações em resposta a eventos de dispositivos. Kendall [KENDALL 1997] propõe um padrão para estruturar agentes reativos similar ao desenvolvido neste trabalho. Dentre os ambientes de desenvolvimento de software e frameworks multiagente que temos utilizado [AGENTBUILDER 2003] [ERICEIRA 2001] [JADE 2003], apenas o Jade [JADE 2003] provê uma arquitetura genérica para o

desenvolvimento de agentes reativos, no entanto os seus módulos não estão organizados em camadas.

7. Agradecimentos

Este trabalho é apoiado pelo CNPq.

Os autores agradecem aos responsáveis pelo processo de revisão, em particular ao Jerffeson Souza, pelas contribuições realizadas no melhoramento da descrição dos padrões propostos neste trabalho.

8. Bibliografia

- “AgentBuilder User’s guide” (2003), Reticular Systems, external documentation, <http://www.agentbuilder.com/>.
- BALDASSIN, Alexandro, RIZZO, Ivan, MALTEMPI, Marcus (2002) “Uma Abordagem Baseada em Agentes para Filtragem de Correspondências Eletrônicas”. Revista Eletrônica de Iniciação Científica (REIC). Vol. II, n° 4.
- BEAUMONT, I. (1994) “User Modelling in the Interactive Anatomy Tutoring System ANATOM-TUTOR”. User Modelling and User-Adapted Interaction 4(1) 21 –45.
- BROOKS, R (1986) “A robust layered control system for a mobile robot”. IEEE Journal of Robotics and Automation, 2 (1): 14-23.
- BYLUND, Markus, WAERN, Annika (1997) “Adaptation Agents: Proving Uniform Adaptations in Open Service Architectures”, In: Proc. of 3rd ERCIM Workshop on UI for All.
- COSENTINO, Massimo, BURRAFATO, Piermarco, LOMBARDO, Saverio, SABATUCCI, Luca (2002) “Introducing Pattern Reuse in the Design of Multi-Agent Systems”. AITA'02 workshop at NODE02 - 8-9.
- DEUGO, Dwight, WEISS, Michael, KENDALL, Elizabeth (2001) “Reusable Patterns for Agent Coordination”. Publicado como capítulo 14 do livro: Omicini, A., Zambonelli, F., Klusch, M.,Tolksdorf, R., Coordination of Internet Agents: Models, Technologies, and Applications, Springer.
- DINIZ, Alessandra (2001) “Uma Arquitetura baseada em Agentes para a Recuperação e Filtragem da Informação”. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão.
- ERICEIRA, Bruno (2001) “Desenvolvimento de Sistemas Multiagente Utilizando a Ferramenta Zeus”. Monografia do Curso de Bacharel em Ciência da Computação, Departamento de Ciências da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA.
- FERREIRA, Steferson Lima Costa, GIRARDI, Rosario (2002) “Arquiteturas de Software baseadas em Agentes: do Nível Global ao Detalhado”, Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC.
- FINK, J, KOBASA, A. (2002) “User Modeling in Personalized City Tours”. Artificial Intelligence Review 18(1), 33-74.

- GIRARDI, Rosario (2001) "Agent-Based Application Engineering", In: 3rd International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2001).
- GIRARDI, Rosario (2002) "Reuse in Agent-based Application Development", In: 1st International Workshop on Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems (SELMAS'2002), International Conference on Software Engineering, Orlando, Florida.
- JADE, Java Agent Development framework (2003). <http://jade.cse.it>
- KENDALL, Elizabeth (1997) "The Layered Agent Pattern Language", In: Pattern Languages of Programming (PLOP'97).
- KOBSA, Alfred (1999) "Personalised hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships", GMD Report 66.
- KULKARNI, A (2002) "A Reactive Behavioral System for the Intelligent Room". Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, <http://citeseer.nj.nec.com/kulkarni02reactive.html>. Accessed in May 2003.
- LANGLEY, P (1999) "User Modeling in Adaptive Interfaces", In: J Kay (ed.) UM99 User Modeling: Proceedings of the Seventh International Conference Springer 357-370.
- MOUKAS, Alexandros and MAES, Pattie (1996) "Amalthea: Information Discovery and Filtering using a Multiagent Evolving Ecosystem", Proceedings of the Conference on Practical Applications of Agents and Multiagent Technology.
- NICK, Z, THEMIS, P. (2001) "Web Search Using a Genetic Algorithm". IEEE Internet Computing, 5(2), 18-26.
- OLIVEIRA, Ismênia Ribeiro de (2001) "Uma Análise de Padrões de Projeto para o desenvolvimento de Software baseado em agentes". Monografia do Curso de Bacharel em Ciência da Computação, Departamento de Ciências da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA.
- RUSSELL, S, NORVIG, P (1995) "Artificial Intelligence: A Modern Approach". Prentice-Hall.
- SHARMA, Amit (2001) "A Generic Architecture for User Modeling Systems and Adaptive Web Services", In: Workshop on E-Business & the Intelligent Web. (IJCAI, 2001).
- SHEHORY, Onn and SYCARA, Katia (2000), "The Retsina Communicator". In Proceedings of Autonomous Agents, Poster Session.
- SILVA JUNIOR, Geovanne Bezerra da (2003) "Padrões Arquiteturais para o Desenvolvimento de Aplicações Multiagente". Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade, Universidade Federal do Maranhão.
- SOBRINHO, Antonio Carlos (2003) "Uma Análise dos Algoritmos Genéticos e suas Aplicações em Sistemas de Acesso à Informação". Monografia do Curso de Bacharel em Ciência da Computação, Departamento de Ciências da Computação, Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA.

STRACHAN, L., ANDERSON, J., SNEESBY, M, EVANS, M (1997) “Pragmatic User Modelling in a Commercial Software System”, In: User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97, páginas 189-200. Springer, Vienna, New York.

WOOLDRIDGE, Michael, JENNINGS, Nicholas (1994) “Intelligent Agents: Theory and Practice”, Knowledge Engineering Review.