Sistemas Multi-Agentes

Simulação Multi-Agentes

Prof. Dr. Jaime Simão Sichman
Universidade de São Paulo
Depto. Eng. Computação e Sistemas Digitais
jaime@pcs.usp.br
http://www.pcs.usp.br/~jaime

Conteúdo

- Simulação Multi-Agentes
  - simulação convencional
  - vantagens da abordagem multi-agentes
  - objetivos
- Um exemplo: Sistema MANTA

Processo de Simulação

<sistema, modelo, mapeamento, dispositivo, validação>

[Drogoul e Ferber 94]

Processo de Simulação

- técnicas tradicionais baseadas em modelos matemáticos ou estocásticos
- equções diferenciais ou modelos discretos que relacionam vários parâmetros e descrevem a dinâmica do sistema
- visam levantar relações de causa-efeito ao relacionar variáveis de entrada e de saída
- exemplo: modelo de Lotka e Volterra para a taxa de crescimento de populações de predador/presa

Modelo Predador/Presa

$$dN1/dt = r1.N1 - P.N1.N2$$
$$dN2/dt = a.P.N1.N2 - d2.N2$$

onde:

- N1 e N2 são a população de presas/predadores
- r1 é a taxa de nascimento de presas
- d2 é a taxa de mortalidade de predadores
- P é o coeficiente de predação
- a representa a eficiência de reprodução de predadores a partir de alimento

Limitações

- impossibilidade de representar a relação micro-macro
- complexidade e pouco realismo dos parâmetros
- ausência de representação de comportamentos
- impossibilidade de representar múltiplas tarefas, ou o chaveamento condicional de tarefas
- ausência de informação qualitativa

Simulação Multi-Agentes

- criação de *mundos artificiais*, repletos de *indivíduos*, biológicos ou sociológicos, que *interagem*
- cada indivíduo é representado por um *agente* (processo ou procedimento computacional)
- um agente é capaz de produzir ações *locais* em resposta a *estímulos* externos e *comunicações* com outros agentes
- também chamada de simulação micro-analítica

Simulação Multi-Agentes

- adequada para situações onde existem muitos indivíduos, cada um com comportamentos diversos e complexos
- pode-se levar em conta tanto aspectos quantitativos como aspectos qualitativos
- programam-se os comportamentos primitivos de cada indivíduo
- o comportamento global que emerge das interações entre os indivíduos é analisado, e não pré-programado de modo direto

Simulação Multi-Agentes

<agentes, objetos, ambiente, comunicações>

onde:

- *agentes* é o conjunto de indivíduos simulados
- *objetos* são entidades passivas que não reagem a estímulos
- *ambiente* é um espaço topológico onde se localizam os agentes e objetos e onde sinais se propagam
- *comunicações* são voz, material escrito, sinais etc.

Objetivos

- *testar hipóteses* sobre a emrgência de comportamentos no nível macro a partir de interações no nível micro
- *contruir teorias* que contribuam para o entendimento de fenômenos, etológicos, sociológicos ou psico-sociais, que relacionam comportamentos a estruturas
- *integrar teorias* parciais de diferentes disciplinas (sociologia, psicologia cognitiva, etologia) numa mesma estrutura

Agentes Cognitivos e Reativos

- divisão clássica em IAD [Werner e Demazeau 92]
  - sistemas multi-agentes cognitivos
    - » ex: empresa / empregados
  - sistemas multi-agentes reativos
    - » ex: colônia / formigas
- simulações podem ser feitas nos dois modelos
  - cognitivo: EOS Project [Doran et al. 94], Dependence Theory [Conte e Castelfranchi 92]
  - reativo: MANTA [Drogoul et al 91], ECO Problem Solving [Ferber e Jacopin 91]

Análise Estatística

- simulação multi-agentes e análise estatística devem ser usadas em níveis distintos

[Drogoul e Ferber 94]

Simulação Etológica

- projeto MANTA (*M*odeling na *Ant*hill *A*ctivity)
  - estudar a emergência da divisão de trabalho numa sociedade de formigas primitivas
- EthoModeling Framework (EMF)
  - modelo e arquitetura que auxilia um usuário a projetar simulações em SMAs reativos
  - utiliza o modelo de programação orientada a objetos (herança, instanciação)

Modelo EMF - Introdução

- implementada usando uma linguagem de atores baseada em Smalltalk 80
- classe básica EthoAgent que define tanto o comportamento como o conhecimento dos agentes
  - novas espécies são criadas através da definição de novas classes derivadas da classe EthoAgent
  - novas subespécies são definidas através da herança e modificação/adição de comportamentos
  - indivíduos são diferenciados por instanciações específicas

Modelo EMF - Ambiente

- o ambiente consiste de entidades denominadas *"locais"* que podem ser divididos em duas categorias:
  - *locais livres*: aceitam agentes e propagam estímulos
  - *obstáculos:* não aceitam agentem nem propagam estímulos.
- agentes se comunicam através da troca de estímulos pelo ambiente
  - cada agente tem uma "assinatura" própria
  - mudanças de estado são recursivamente propagadas para locais adjacentes

Modelo EMF - Agente

- a arquitetura dos agentes é dividida em dois níveis:
  - *primitivas:* ações fisiológicas, que não podem ser decompostas. Agentes de mesma espécie têm as mesmas primitivas. Não são relacionadas a estímulos e não podem ser diretamente ativadas pelo agente.
  - *tarefa:* comportamentos de alto nível, que coordenam primitivas, em resposta a um estímulo. cada tarefa é composta de um *nome, peso* (relativa importância para o agente), *nível de disparo* e *de atividade* para quando se torna ativa.

Modelo EMF - Agente

- existe um mecanismo de reforço de comportamento
- quando uma tarefa tenta ativar uma primitiva, o agente realiza um processo de seleção de tarefas, com 3 passos:
  - *percepção*: sente os estímulos e elimina aqueles que não são utlizados para disparar a tarefa
  - *seleção*: calcula o nível de ativação $\mathbf{a_i}$ da tarefa **i**:

    $\mathbf{a_i(t) = w_i(t) / SUM_{(j=1)}^{(n)} w_j(t) * x_i(t)}$

    onde $\mathbf{w_i(t)}$ é o peso e $\mathbf{x_i(t)}$ a intensidade do estímulo da tarefa. A tarefa será selecionável se o seu nível de ativação for maior do que o seu nível de disparo: $\mathbf{a_i(t) > thrs_i}$

Modelo EMF - Agente

- *ativação*: dentre as tarefas selecionáveis, se houver uma (ou mais) cujo nível de ativação seja maior do que a tarefa corrente, o agente escolhe aquela com o maior nível de ativação, suspende a tarefa corrente, ativa a tarefa selecionada e *incrementa seu peso.*

Caso não existam tarefas selecionáveis, ou cujo nível de ativação seja maior do que o da tarefa corrente, a tarefa corrente continua e seu *nível de atividade é decrementado* para permitir futuras trocas de tarefas

Modelo EMF - Seleção de Tarefas

Sistema MANTA

- estudar a emergência da divisão de trabalho numa sociedade de formigas primitivas
  - *Ecatomma ruidium* (sul México ao norte do Brasil)
  - menos de 300 formigas por colônia
  - diferenciação entre rainha e operárias
- organização da colônia amplamente estudada:
  - análise individual de cada membro da sociedade
  - coleção de atos comportamentais, combinados em categorias comportamentais
  - determinação de grupos funcionais

Sistema MANTA - Agentes

- agentes *ambientais*, usados para propagar informações ambientais
  - classes LightAgent e HumidityAgent
    - » propagam os estímulos *#light* e *#humidity*
- agentes que modelam as formigas
  - classes EctatommaAnt e EctatommaQueen
  - respondem a 5 estímulos:
    - » *#egg, #larva, #cocoon, #food, #ant*
- as diversas tarefas utilizam 8 primitivas

Sistema MANTA - Tarefas

- Exemplo: tarefa **#doEgg**

doEgg
positiveTaxis(#egg)
if there is an egg
then *take* it
do *positiveTaxis*(#egg) and *negativeTaxis*(#humidity)
drop it
else **stop** doEgg

Simulação utilizando MANTA

Sistema MANTA - Resultados

- simulação com 3 tarefas (*#doEgg*, *#doLarva* e *#doFood*)
- peso e nível de ativação iniciais das tarefas é o mesmo
- 30 formigas idênticas, 50 larvas, 50 ovos e 50 alimentos espalhados randomicamente pelo ninho
- a simulação termina quando todas as larvas, ovos e alimento estão separados em grupos distintos
- este exemplo não simula um ninho real, pois não estão presentes no modelo todos os comportamentos das formigas, mas apresenta resultados interessantes

Sistema MANTA - Resultados

Sistema MANTA - Resultados

- a distribuição média do tempo global de trabalho entre as 3 tarefas é similar à distribuição incial de ovos, larvas e alimento
- ocorre uma divisão de trabalho na colônia, caracterizado pelo surgimento de vários grupos funcionais:
  - *enfermeiras de ovos* (grupo 1, 8 formigas), que passam grande tempo cuidando de ovos e pouco tempo inativas
  - *não especializadas* (grupo 2, 8 formigas), que passam grande tempo inativas, mas contribuem nas outras tarefas

Sistema MANTA - Resultados

- *alimentadoras (*grupo 3, 7 formigas), que passam grande tempo buscando alimento e uma boa parte inativas
- *larva-inativas* (grupo 4, 3 formigas), que passam grande tempo cuidando das larvas mas também um bom tempo inativas
- *enfermeiras de larvas* (grupo 5, 4 formigas), que passam grande tempo cuidando das larvas e pouco tempo nas outras atividades

- divisãso de trabalho masi simples que a real, mas estável

Bibliografia

Drogoul, A. and Ferber, J. (1994). Multi-agent simulalation as a tool for studying emergent processes in societies. In: Gilbert, N. and Doran, J. eds., *Simulating Societies*. London, UCL Press.

Werner, E. and Demazeau, Y. (1992). Werner, E. and Demazeau, Y. *Decentralized AI III*, North Holland, 1992.

Bibliografia

Drogoul, A. and Ferber, J. (1994). Multi-agent simulalation as a tool for studying emergent processes in societies. In: Gilbert, N. and Doran, J. eds., *Simulating Societies*. London, UCL Press.