

# 基于 Repast 平台的多 Agent 仿真建模研究

蒋慧超, 韦兆文

(广西大学 计算机与电子信息学院, 广西南宁 530004)

**摘要:**随着计算机应用的发展,多智能体系统(MAS)方法和技术在许多领域得到了广泛应用,对 MAS 进行仿真建模研究成为研究热点。多 Agent 仿真建模实验平台的使用,能很好地对 MAS 进行建模,提高使用者的效率,对于 MAS 的研究有重要意义。分析了仿真平台 Repast 的主要系统功能模块,说明了如何利用和扩展 Repast 平台来进行仿真建模,利用 Repast 实现了一个改进的动态合同网协议的仿真实验。实验建模过程和分析证明,利用 Repast 进行仿真建模,可以使建模者方便、快捷地对 MAS 系统进行分析,能有效提高工作效率与降低建模难度。

**关键词:**多智能体系统;系统功能模块;改进的动态合同网

中图分类号:TP18

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)11-0250-03

## Investigation of Multi-Agent Simulation and Modeling on Repast Toolkit

JIANG Hui-chao, WEI Zhao-wen

(School of Computer, Electronics and Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** With the development of computer application, the multi-agent system was widely used in many fields, and the research on simulating and modeling of MAS became the focus. This article analyzed the main system function models of Repast, which is one of the most popular multi-agent based simulation and modeling toolkits, showed the flow about how to use and extend Repast to simulate and model, and based on the flow, realized an experiment about improved dynamic net protocol (IDCNP) with Repast in the end. The process showed that, with Repast, user can analyzed MAS conveniently and fast, which could enhance the work efficiency and lower the level of difficulty.

**Key words:** MAS; system function model; IDCNP

### 0 引言

Agent<sup>[1,2]</sup>(主体)是一种处于一定环境下的软件模型,区别于对象的特性包括:反应能力、社会能力、主动行为、自治能力。多智能体系统(Multi-Agent System, MAS)是人工智能研究领域的一个重要分支,其目的是将一个大的复杂的系统分割成多个小的、简单的、相互通讯协调的子系统,每一个子系统都是一个 Agent。近年来,对多 Agent 系统理论和技术的研究已经成为人工智能的核心内容。为了更好地实现 MAS 仿真实验,人们开发了一些专门用于多 Agent 实验的仿真平台。目前,人们主要应用的仿真模拟平台有 Swarm 和 Repast。

Swarm<sup>[3]</sup>是一组由 Objective C 语言写成的类库,这种语言的使用者和文献资料都很少,虽然也有用于 Java 语言的编程接口,但是环境配置相当复杂,许多专业人员都很难掌握。而 Repast 相对简单易学,环境配置简单,而且支持仿真模拟功能强大。但是,Repast 只提供一个简单的整体的基本框架,要实现一次完整的仿真实验,仍需根据具体研究的系统,对其进行功能的完善和扩展。文中基于对 Repast 平台的分析,提出利用 Repast 进行仿真实验的基本流程,并根据流程实现了动态合同网的实验特征。

### 1 Repast 平台分析

目前 Repast<sup>[4,5]</sup>最新版本是 Repast 3.1,其核心是一个基于主体建模服务内核,支持 3 种实施平台:Java 平台的 Repast J、微软 .Net 框架下的 Repast.Net、支持 Python 脚本语言的 Repast Py,实现 Java、Python、Dot-Net 等三种编程接口。Repast J 因为支持 Java 语言的

收稿日期:2008-02-17

基金项目:广西教育科研基金项目((2006)26)

作者简介:蒋慧超(1983-),男,湖南益阳人,硕士研究生,研究方向为人工智能;韦兆文,副教授,研究方向为电子商务、计算机应用技术、数据库技术等。

跨平台性和全开放性,并且编程所用的源代码可以无偿使用,实际应用最为广泛。

Repast 从 Swarm 中借鉴很多设计理念,形成一个“类 Swarm”的模拟软件架构<sup>[6]</sup>。但是与 Swarm 不同,它支持多种编程语言,并且内嵌如遗传算法、回溯等适应性特征。系统支持丰富的功能部件设置,其主要划分为六个相关模块,各模块功能如表 1 所示。

表 1 Repast 模块功能表

模块名	功能说明
Engine 模块	包含仿真引擎控制器 (Engine Controller)、调度器 (Scheduler)、行为类 (Action) 和 Agent 类 (Agent), 控制器与 Interactive Run 和 Batch Run 模块一起初始化和控制仿真程序。调度器使用 Agent 类来管理一个仿真过程中的时间流,相当于离散事件时钟管理器。行为类表示发生在仿真过程中的事件,Agent 类通过使用调度器登记行为类来促使事件产生。Agent 类通过一个或多个调度器管理自身的行为并与其他 Agent 通讯协调
Logging 模块	用于记录保存仿真结果,包括保存诸如整数、浮点数和字符一类元数据的数据记录元件和保存对象的完整状态或者对象设置信息的对象记录元件
Interactive Run 模块	用户对仿真管理过程进行直接控制,它所包含的元件一般充当用户和 Engine 模块的元件之间的中间界,实现仿真运行过程中的人机交互
Batch Run 模块	批处理控制器 (Batch Controller) 使用自身引擎管理器去完成一个仿真模型的运行而不需要用户实时操控
Adaptive Behaviors 模块	提供执行 Agent 行为的自适应元件。包括遗传算法、神经网络和其他的人工智能技术等,使得生成的 Agent 具有学习和自适应能力
Domains 模块	提供特定领域函数,实例包括社会系统、地理信息系统 (GIS) 和动态系统等

在 Repast 软件中,这些功能模块由基类包<sup>[7]</sup>单独或组合在一起实现,使用者通过直接使用或者继承并扩展这些基类来建模。其中除了 Adaptive Behaviors 模块和 Domains 模块为可选模块,其余均为固定模块。对于一个完整的 Repast 应用,固定模块中所有元件都是必需的,而可选模块可以根据具体应用来决定使用哪些元件。

Repast 平台提供的是一些基本的模型框架和流程控制功能,在此基础上加以扩展,就能方便地进行仿真实验,具体系统仿真建模流程如下:

(1) 分析并利用 Agent 抽象所研究的系统,确定 Agent 之间的关系。

(2) 在 Repast 平台中实现所研究系统中的 Agent, 定义它们的属性和行为。

(3) 在 Repast 的基类包中选择合适的空间类来描述 Agent 之间的关系,并选择合适的仿真程序调度类来控制整体仿真模拟过程。

(4) 选择合适的输入输出方法来设置系统中的各个相关参数值以及收集实验数据,对实验运行时的各项数据实施监控。

(5) 运行仿真程序,根据实验数据分析所研究的系统。

## 2 基于 Repast 的仿真实验的实现

### 2.1 问题背景

合同网协议<sup>[8]</sup>是由 Randall Devis 和 Reid G. Smith 针对任务和资源分配提出的协调策略,通过任务发布者 Agent 和承包商 Agent 之间招投标进行交互和协商以共同完成目标任务。而多智能体系统的开放性、动态性特征,要求合同网协议解决动态环境下的协同问题。在文献[9]提出的动态合同网(DCNP)中,引入了信任度的概念:一个承包商 Agent 相对于某类任务的信任度越大,则该 Agent 相对于该类任务的响应阈值越低,反之则越高;当承包商完成任务,就增加他的信任度,使其有更高的概率接到新任务。笔者在此基础上提出改进的动态合同网(IDCNP):对于不同的承包商,完成任务所需代价不同,任务发布者进行任务分配时,不仅考虑各个承包商的信任度,也将任务完成代价考虑在内,以提高任务完成的质量。另外,为承包商设置一定数目的缓冲池,使承包商可以接收一定数量的任务,避免完成代价较小的承包商因为已接受了任务而无法接受新的任务分配,进一步提高任务完成的质量。

### 2.2 系统仿真建模流程

根据对 DCNP 问题的描述,参照前文提出的建模流程,按步骤实现仿真实验。

#### 2.2.1 确定 Agent 之间的关系

由问题背景分析可知,系统中一共有两类个体:任务发布者和任务承包商。因此,模型中包括两类对应的 Agent: Boss 和 Employee。此外,由于这两类 Agent 是相互通讯联系的,因此额外需要建立一个空间类 Office,负责管理这两类 Agent 的数目,判断 Employee 的工作状态以及对系统数据进行统计。

#### 2.2.2 定义 Agent 的属性和行为

作为任务发布者, Boss 主要有两种行为:选择 Employee 完成任务;更新 Employee 的信任度。其行为准则如下: Boss 根据预定规则生成各类任务;优先选择信任度超过预定阈值的 Employee 完成任务,如果所有 Employee 的信任度都不满足条件, Boss 对所有 Employee 招标并对投标的 Employee 进行评估,选择代价最小的 Employee 完成任务;根据任务完成情况对相关 Agent 进行信任度更新。对此,为 Boss 相应编写 distributeTasks()、gradeEmployees() 和 evaluate() 方法实现。

作为任务承包商, Employee 只有一种行为:模拟任务的完成。对于不同类型的任务,各 Employee 完成任务的能力不同,其花费的代价也不同,根据其能力确定成本,模拟任务完成过程并将相关信息返回给 Boss。

为 Employee 编写 performTask()方法实现上述功能。

接受任务的 Employee 完成任务后,由 Office 对整个系统的信息进行统计。

### 2.2.3 选择合适的仿真程序调度类、设置相关参数和收集数据

Repast 提供一个 SimpleModel 类,封装了一些基于 Agent 仿真调度的基本方法和接口,用户可以根据所研究模型的需要来选择。文中模型使用继承 SimpleModel 类的 AsyncAgentsModel 控制仿真程序的执行流程,此外:

- (1) 在 AsyncAgentsModel 中加载 loadModel(), 创建 SimpleModel 类程序框架,初始化整体模型;
- (2) 在 AsyncAgentsModel 中调用 getInitParam(),实现用户需要显示和通过界面调整的描述参数变量的字符数组;
- (3) 在 AsyncAgentsModel 中扩展 setup()接口,初始化模型参数设置;
- (4) 在 AsyncAgentsModel 中扩展 begin()接口,生成系统中的 Agent,并调用 buildGraph()生成显示统计数据的图形界面,供用户在模拟过程中查看。

以上属于仿真实验的设置准备阶段,仿真实验中最重要的是对 Agent 行为的反复模拟实现,在 Repast 中一般集中编写在 SimpleModel 类的 step()中或者在 step()中被调用。文中模型中 Boss 的行为在 AsyncAgentsModel 的 step()中被调用;此外,Employee 完成任务的行为与 Boss 的行为相互独立,不能在 step()中模

拟,因此,将 performTask()独立于 step()之外实现,通过继承自 Engine 类包中 AsyncAgent 类的方法来安排执行。为监控整个系统的运行状态以及统计各项指标,在 step()中还增加用于统计的方法。程序流程如图 1 所示。

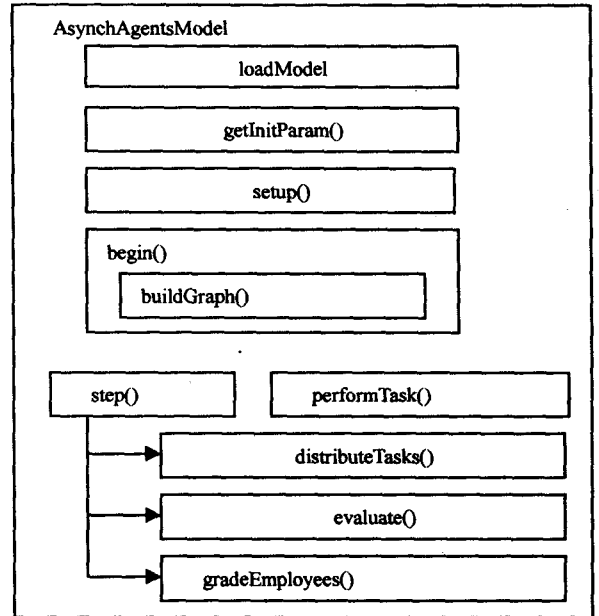


图 1 程序流程图

### 2.2.4 仿真实验和数据分析

按照以上步骤,利用 Repast 平台将各个类和方法组合在一起,建立动态合同网的仿真模型。如图 2 可以看到 Repast 提供了图形用户界面(GUI),用户能方

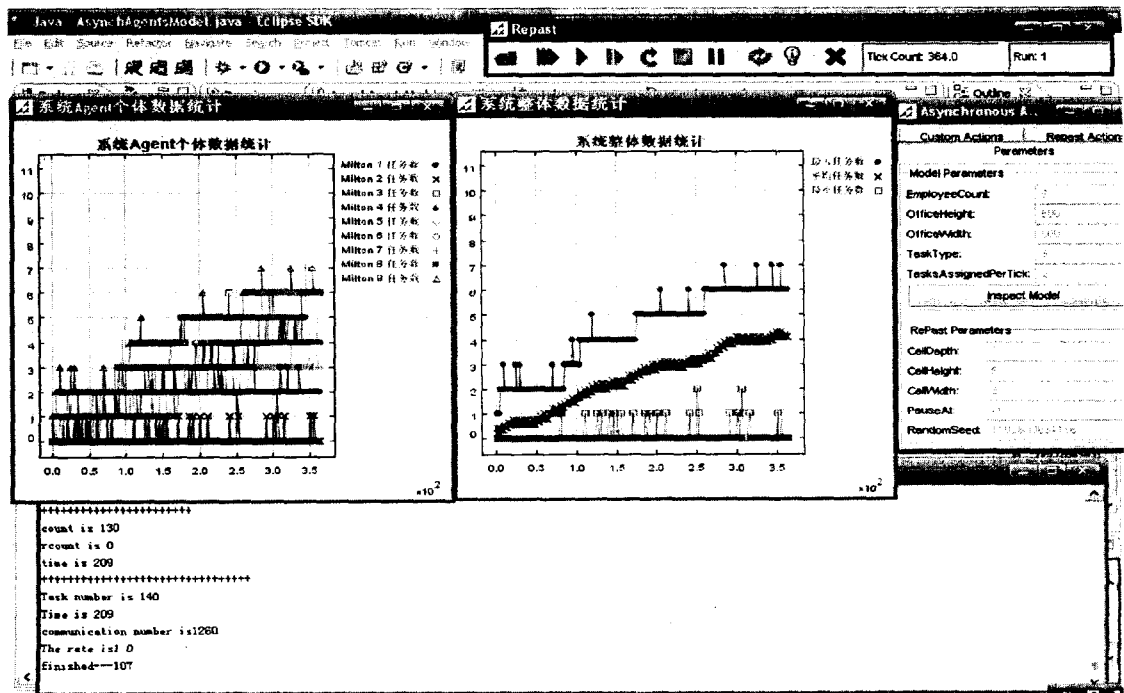


图 2 仿真运行界面

便地控制仿真程序的执行,仿真过程中的各项数据也能以图表的形式直观地提供给用户。

从总任务数为 1000 的对比实验(见表 2)可以发现:增强型合同网(IDCNP)无论时间还是通讯量,与合同网(CNP)和动态合同网(DCNP)相比都有着明显的优势;在引入缓冲池后,能进一步的缩短执行时间,通讯量也得到有效的控制,达到了仿真实验研究目的。

表 2 实验结果对比

模型	未加缓冲池		引入缓冲池	
	时间(毫秒)	通讯量(次)	时间(毫秒)	通讯量(次)
CNP	8370	20580	8357	20580
DCNP	6579	16639	6236	15544
IDCNP	4602	10512	3905	8568

### 3 结束语

Repast 平台可以使建模者方便、快捷地对 MAS 系统进行分析,通过观察仿真过程中的表格、图表和图形显示的输出结果,评价各种方法、策略的实施效果。

介绍了 Repast 仿真平台的系统工作模块以及如何利用系统自带的类包并加以扩展来完成工作模块功能,并详细展示了一个仿真实例。通过实例,论证了 IDCNP 的有效性,从而为 MAS 的仿真模拟提供了一种方法。但是,文中仅给出了一个基于动态合同网的 MAS 案例,其中仍有许多细节需要完善。将来的工作

会进一步深入对 MAS 的任务分配仿真建模相关理论和方法的研究。

### 参考文献:

- [1] 邓宏钟,谭跃进.基于复杂适应系统的自动建模方法研究[J].计算机仿真,2001,19(6):46-48.
- [2] 李群,宣慧玉.基于 Agent 仿真技术在经济建模中的应用[J].系统工程理论方法应用,2001,10(3):221-225.
- [3] 曹慕昆,冯玉强.基于多 Agent 计算机仿真实验平台 Swarm 的综述[J].计算机应用研究,2005(9):1-3.
- [4] North M J, Collier N T, Vos J R. Experiences creating three implementations of the Repast Agent Modeling Toolkit[J]. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, 2006(16):1-25.
- [5] REPAST Development Group. Overview of REPAST[EB/OL]. 2005. <http://repast.sourceforge.net>.
- [6] 赵凇,张星臣.基于 Repast 平台的城市交通系统仿真建模研究[J].物流技术,2006(7):117-123.
- [7] 姜昌华,韩伟,胡幼华. REPAST——一个多 Agent 仿真平台[J].系统仿真学报,2006,18(9):2319-2322.
- [8] Smith R G. The Contract Net Protocol: High-level Communication and Control in a Distributed Problem Solver[J]. IEEE Transaction on Computers, 1980(12):1110-1113.
- [9] 张海俊,史忠植.动态合同网协议[J].计算机工程,2004,30(21):44-57.

(上接第 249 页)

如果将最小支持度改为 16%、最小置信度改为 65%,经试验,共挖掘到 29 条规则,部分结果如下:

副教授⇒硕士 support:22% confidence:78.2%

讲师 ∧ 教龄 15 年以上 ⇒ 优秀 support: 16.1% confidence:67.5%

教龄在 6-10 年之间 ∧ 良好 ⇒ 讲师 support:20.1% confidence:80%

副教授 ∧ 硕士 ⇒ 教龄在 11-15 年之间 support:20% confidence:65%

副教授 ⇒ 硕士 ∧ 教龄在 11-15 年之间 support:22% confidence:70%

副教授 ⇒ 优秀 support:22% confidence:67.2%

讲师 ∧ 硕士 ⇒ 良好 support:18.3% confidence:90%

如果分析含有教学评价为良好的规则,不难发现:上述规则中相关因素主要是学历、职称以及教龄。职称为讲师、教龄较长或者高级职称、高学历的教师教学质量较好,学校有关部门应采取相关措施去提高教师的学历层次,改善教师的职称结构,教龄是无法改变的,但可以在教师间互相传授教学经验,开展教学观摩等活动去提高整体的教学水平。

### 4 结束语

讨论了关联规则挖掘在教学质量评价系统中的应用研究,通过实验结果可以发现,在高校的教学中,与教学质量有关的主要是教师的学历、职称以及教龄。职称为讲师、教龄较长或者高级职称、高学历的教师教学质量较好。关于数据挖掘技术中的聚类分析、分类及预测等其他技术在评价系统的应用研究没有涉及,有待在以后的工作中深入探讨。

### 参考文献:

- [1] Han Jiawei, Kamber M. Data mining Concepts and Techniques[M]. [s.l.]:Morgan Kaufmann Publishers, inc,2001:155-156.
- [2] 范明,孟小峰.数据挖掘概念与技术[M].北京:机械工业出版社,2007:146-176.
- [3] 魏萍萍,王翠茹,王保义,等.数据挖掘技术及其在高校教学系统中的应用[J].计算机工程,2003(7):87-89.
- [4] Chen Ming-Syan, Han Jiawei, Yu P S. Data Mining: An Overview from a Database Perspective[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering,1996,8(6):866-883.
- [5] 刘以安,羊斌.关联规则挖掘中对 Apriori 算法的一种改进研究[J].计算机应用,2007,27(2):418-420.