

Agent 系统实例分析与开发工具^{*}

Agent-based System--a Case Study and Developing Toolkits

张德同 周明全 耿国华

(西北大学计算机科学系 西安 710069)

Abstract This paper analyses a Agent-based system SurfaceMapper, which is designed for interpreting large volumes of 3-D scientific data so as to identify surfaces in the data. The interpretation process is largely dependent upon domain expert's expertise, and experts often collaborate with one another to get their interpretation conclusions. The size of the data and the amount of interaction between experts causes manual interpretation slow and expensive. SurfaceMapper provides a wide range of basic interpretation techniques, each technique can be seen as an Agent that co-operates with other interpretation technique Agents to find out a solution. Some developing toolkits for Agent-based system are briefly introduced at last.

Keywords Agent-based systems, SurfaceMapper, 3-D scientific data, Interpretation, Toolkits

1. 引言

Agent 技术是分析、设计和实现复杂软件系统的新方法^[2,3],利用这种方法可以直观、自然地将整个系统分解为一组相对独立并且交互协作的求解单元,即一组 Agent。这些 Agent 可能对应不同的抽象层,同一层内的 Agent 之间以及不同层的 Agent 之间均可能需要交互协作,共同完成整个系统的目标。

Agent 是一个具有如下特征的封装软件实体^[4,5]:

- 自治性 能够自主运行而无需人或其它 Agent 的直接干预,并能控制内部状态和自身的行为。
- 响应性 能够感知环境变化并做出及时响应。这里的环境可以是物理世界、用户或其它 Agent 等。
- 主动性 不是简单地对环境变化做出被动响应,而是根据具体情况采取目标导向(goal-directed)的行为,对可能出现的情况,预先做出反应。
- 社会性 能与其它 Agent(或人)进行必要的交互作用,合作解决有关问题。

目前,Agent 技术的应用领域涉及:电子商务,电信网络管理和控制,信息过滤和收集,工业控制和调度,嵌入式系统,交通运输管理,图形图像处理,虚拟环境,教育,娱乐,医疗等领域。下面我们对一个基于 Agent 的系统 SurfaceMapper^[1]进行简要分析。

2. 实例分析

SurfaceMapper 是一个用于三维科学数据解释的系统,其目标是从大体积的三维科学数据中识别出相应的曲面(surfaces)。该系统是在 the Advanced Computing Applications Project(ACAP)支持下,由 R. J. Gallimore 等在澳大利亚的 BHP Research, Newcastle Laboratories 开发实现的。测试分析结果以及多位领域专家使用后的反馈信息表明,在三维科学数据解释领域,SurfaceMapper 是一个有价值并且便于使用的决策支持工具。

2.1 系统概述

在勘探、市场预测、过程模拟等应用中,通常会收集海量的三维科学数据,这些数据中可能包含着有价值的信息。为了从中找出这些有价值的信息,需要对三维科学数据进行解释处理。对于 SurfaceMapper 的应用领域而言,就是要在数据体中识别出相应的曲面。为此,首先需要在每个数据截面中识别出曲线段,然后再将这些曲线段连接起来构成不同的曲线,最后将不同数据截面中的相应曲线并起来构成曲面。

解释过程在很大程度上依赖于领域专家的经验,通常由多个专家合作进行解释。每个专家先独立地提出初步的解释假设,然后互相参考印证,对初步的解释假设进行改进。

大量的数据以及领域专家之间频繁交互合作,使得人工解释过程缓慢,而且代价高昂。目前可用于辅助解释的技术有:统计方法、图像分析、模式识别、专家系统、神经网络以及模糊逻辑等,每种方法都有其相对优势和不足。对于给定的一个数据体,通常不能预先确定最适合的处理方法。当系统识别出最有希望的数据区域后,它必须动态选择一种最适合这部分数据特点的技术,即系统应该是上下文敏感的。

目前已有几个商业化的辅助解释软件工具,如 AVS^[6], Iris Explorer^[7]以及 Khoros^[8]。这些工具的不足包括:不能根据数据集的特点,灵活地选用适宜的解釋技术;需要用户的指导;不支持多种解释方法之间的合作求解。

SurfaceMapper 正是为消除上述不足而开发的,其目标是提供各种用于辅助解释的技术方法,并且可以在运行时动态决定最适合于当前情况的具体方法,同时还支持多种解释方法之间的交互合作。

实现上述目标最自然的方法就是基于 Agent 的方法,让每一种解释方法对应一个 Agent,各个 Agent 之间进行必要的交互作用,通过合作给出解释。

SurfaceMapper 包括以下四个子系统:

- 科学数据子系统 抽取所有的数据细节,并提供对任意数据截面的存取。
- 分析技术子系统 包含若干图像处理算法,用于从数

^{*} 本文得到国家自然科学基金(60072044)和陕西省自然科学基金(99X15)的资助。张德同 博士生,主要研究方向为图形、图像与多媒体。周明全 教授,博士生导师,主要研究方向为图形、图像与多媒体。耿国华 教授,主要研究方向为智能信息处理。

据截面中抽取基本曲线段(basic segments)。

- Agent 子系统 通过合作推理,由基本曲线段生成经过解释的曲线段(interpreted segment),再由经过解释的曲线段生成曲线,最后由曲线生成曲面。

- 用户接口子系统 用于查看系统的运行过程,显示最终的解释结果,以及测试和调试系统。

下面重点介绍 Ageng 子系统。

2.2 Ageng 子系统

与曲线段、曲线以及曲面三个抽象层对应,设立三个 Agency(代理处)。每个 Agency 由若干 Agent 构成,每个 Agent 具有相应的处理方法,Agent 之间通过交互通讯,实现合作求解。

这种模型结构具有两个优点。首先,通过增加或减少 Agent,可以方便地引入或删除各种解释技术;其次,系统能够动态选择最适合的解释技术。

1) Agent 在 SurfaceMapper 中,Agent 采用流行的 BDI (Belief-Desire-Intention)模型,其中 B 表示 Agent 的环境知识(信念),D 表示 Agent 的所有可能的潜在目标(期望目标),I 表示 Agent 针对当前选定的目标所要执行的规划(意图)。

下面以 SurfaceMapper 中的曲线 Agent 为例,来简要说明 Agent 的构成和工作方式。曲线 Agent 的主要任务是利用有关曲线段生成曲线。

一个曲线 Agent 动态维护着有关的环境信息(Beliefs),包括:(1)其它曲线 Agent 的相识模型(acquaintance models),相识模型描述了相应 Agent 所用算法的速度,处理的细节层次,可靠性等信息。(2)从曲线段 Agent 发送过来的曲线段信息。(3)从其它曲线 Agent 或相邻截面上得到的曲线提示(hint),如曲线的端点,曲线的可信度,曲线的角度(curve angle)等。

一个曲线 Agent 还具有一组内建的期望目标(Desires),其中某些期望目标可能在当前情况下被激活,构成当前目标集。例如,一个可能的目标是利用曲线段生成曲线,另一个可能的目标是将一个高可信度的曲线传送给其它曲线 Agent。

每一个可满足的目标,对应一组有可能实现该目标的规划。例如,一个规划有可能使曲线 Agent 利用曲线段 Agent 提供的曲线段生成曲线,另一个规划有可能使曲线 Agent 利用其它曲线 Agent 提供的提示生成曲线,还有一个规划有可能使曲线 Agent 利用从相邻截面上得到的提示生成曲线。曲线 Agent 决定执行的当前规划就是它的意图(Intention)。当一个意图不可能成功或者不合适时,Agent 会取消该意图。无论成功还是失败,当一个意图结束时,Agent 会更新其当前目标集和信念。

一个 Agent 收到的消息,或者在执行规划时产生的新目标统称为事件。当一个事件发生时,会激活有关目标,并进一步激活有关规划。具体激活哪一个规划,与事件类型、规划的执行条件有关。

2) agency 在 SurfaceMapper 中,包含以下三个 agency:

- 曲线段 agency 由若干曲线段 Agent 构成。曲线段 Agent 利用分析技术于系统提供的基本曲线段,进一步产生经过解释的曲线段(以下简称曲线段)。为了提高解释结果的可靠性,曲线段 Agent 首先利用启发性知识,对基本曲线段进行评估和过滤,从中找出最可靠的基本曲线段。此外,曲线段 Agent 还会检查相邻截面上的曲线段,如果在相邻截面上找到了与本截面上的曲线段相匹配的曲线段,则可提高相应曲

线段假设的可信度。

- 曲线 agency 由若干曲线 Agent 构成,曲线 Agent 利用截面中的曲线段生成曲线假设。通常,一个曲线 Agent 会收到大量不同截面上的曲线段,它们可能来自一个或多个曲线段 Agent。为了提高解释结果的可靠性,曲线 Agent 首先利用启发性知识,对收到的曲线段进行评估和过滤,去掉由于噪声而产生的曲线段。然后利用端点接近、且具有近似方向角的曲线段生成曲线假设。曲线假设的可信度取决于构成它的各个曲线段的可信度,以及与该假设匹配的其它曲线假设的数目。这些匹配的曲线假设可能由同一曲线 Agent 在相邻的截面上推出,也可能由其它曲线 Agent 在同一截面上或相邻截面上推出。

- 曲面 agency 在当前版本的 SurfaceMapper 中,曲面 agency 由单个曲面 Agent 构成。曲面 Agent 利用多个连续截面中的相关曲线构成曲面假设,其可信度由相关曲线的可信度决定。曲面 Agent 具有各曲线 Agent 的模型,如果对当前数据集而言,各曲线 Agent 的能力相当,则综合利用多个曲线 Agent 的输出进行推断;否则利用某个最佳曲线 Agent 的输出进行推断。

3) Agent 之间的交互作用 Agent 之间的交互作用包括 agency 内部的交互作用(Intra-agency Interactions)和 agency 之间的交互作用(Interagency Interactions)两种类型。agency 内部的交互作用具体有以下两种方式:

- 数据驱动式结果共享(data-driven result sharing) 如果一个 Agent 对自己的解释假设有信心,它就会把这些假设主动传送给 agency 内部的其它 Agent,供它们参考。收到假设的 Agent 可能对自己的解释假设做出修正,或进一步提出新的假设。

这个主动传送过程可能反复多次,直到 agency 内部的所有 Agent 都没有新的、高可信度假设为止。

- 需求驱动式结果共享(demand-driven result sharing)

如果一个 Agent 做出的所有解释假设均具有较低的可信度,或者它想直接在一个有希望的数据区域进行解释处理,它会主动寻求并参考其它 Agent 的解释假设。实现这种共享形式,要求每个 Agent 拥有其它任一 Agent 的相识模型(acquaintance model)。利用这些模型可以推出最适合于当前数据特点的 Agent,从而找到最适合的求助对象。

曲线段 agency 内部的交互作用体现为曲线段 Agent 之间的合作。例如,对于同一个截面使用两种不同的分析算法,可以抽取两组基本曲线段。曲线段 Agent A 和曲线段 Agent B 分别使用一组基本曲线段,生成各自的曲线段假设。如果 Agent A 有一个高可信度的曲线段假设 SA,并将其传送给 Agent B,而 Agent B 有一个曲线段假设 SB,且 SA 与 SB 很接近,则 Agent B 会提高 SB 的可信度。

曲线 agency 内部的交互作用体现为曲线 Agent 之间的合作。两个曲线 Agent 可能在同一截面或相邻截面上产生相关但不同的曲线假设,并通过上述共享方式改进假设。例如,曲线 Agent A 在某个截面上有一个高可信度的曲线假设,并将其主动传送给曲线 Agent B,而 Agent B 在相应区域没有推出任何曲线假设。此时,Agent B 会在该区域选用较低可信度的曲线段,以便尽可能找到一个与 Agent A 类似的假设。如果 Agent B 真的找到这样一个假设,那么 SurfaceMapper 对上述假设的总体可信度将得到提高。

agency 之间的交互作用具体有以下两种方式:

• 结果前馈(result feedforward) 即较低层 agency 中的 Agent,将解释结果向较高层 agency 中的 Agent 传送。例如,一个曲线段 Agent 将高质量的曲线段假设传送给曲线 Agent。

• 焦点反馈(focusing feedback) 即较高层 agency 中的 Agent,将解释结果向较低层 agency 中的 Agent 传送。例如,一个曲线 Agent 已经推出若干初步的曲线假设,现在要进一步扩展其中某个曲线假设,于是请求曲线段 Agent 寻找更多相关的曲线段假设。为了限制曲线段 Agent 的搜索区域,曲线 Agent 会以焦点反馈的方式,把待扩展的曲线假设传送给曲线段 Agent,曲线段 Agent 将在与收到的曲线假设相对应的区域进行更细致的搜索。这比盲目搜索的效率更高,效果更好。

曲线段 agency 和曲线 agency 之间的交互作用,体现为曲线段 Agent 和曲线 Agent 之间的合作。曲线 agency 和曲面 agency 之间的交互作用,体现为曲线 Agent 和曲面 Agent 之间的合作。

3. 开发工具

目前已有许多商业化开发工具,可以方便地创建基于 Agent 的应用系统。下面简单介绍几个开发工具。

• AgentBuilder

AgentBuilder^[9]是一个集成化软件开发环境,可用于创建基于 Agent 的应用。AgentBuilder 主要包括运行时系统和工具包两大部分。

利用工具包中的工具可以完成以下功能:(1)定义单个 Agent 的行为。(2)设计和开发交互协作的 Agent 网络。(3)管理基于 Agent 的软件开发过程。(4)调试和测试基于 Agent 的软件系统。

运行时系统有一个 Agent 引擎,为提供 Agent 软件提供运行环境。

由 AgentBuilder 构造的 Agent 使用 KQML (Knowledge Query and Manipulation Language)语言进行通讯。此外,AgentBuilder 还允许开发者根据需要定义新的交互通讯命令。

• ADK

ADK (Agent Development Kit)^[10]主要由 AFC (Agent Foundation Classes)和 ARE (Agent Runtime Environment)两部分构成。

AFC 是一个高级的 API,支持开发者设计和建造部件,ARE 是一个虚拟的服务器,能够支持数千个 Agent 同时运行。

此外还有一个用于设计 Agent 的可视化环境 VAD (Visual Agent Designer),用 VAD 可以方便快捷地设计开发 Agent。

• LPA Agent Toolkit

LPA Agent Toolkit^[11]以逻辑型程序设计语言 Prolog 为基础,允许使用基于逻辑的方法设计面向 Agent 的程序,并能充分利用已有的 AI 技术。它提供必要的构件,可以实现任意 Agent 模型,这种灵活性特别适合于科研目的。

该工具包还提供了 Agent 骨架(skeleton),可用来快速生成用户自己的 Agent。此外,通过示例程序说明了如何使用 Prolog 和 KQML 语言实现 Agent 通讯,以及 Agent 库的用法。

结束语 Agent 技术是分析、设计和实现复杂软件系统的新方法,利用这种方法可以直观、自然地将整个系统分解为一组相对独立并且交互协作的求解单元。目前,Agent 技术的应用领域涉及电子商务、网络管理、信息过滤和收集、图形图像处理、教育、医疗等许多领域。SurfaceMapper 利用 Agent 技术对三维科学数据进行解释,取得了良好效果,系统所用的有关方法,有一定借鉴意义。目前已有多种 Agent 系统开发工具,可以根据问题特点选择使用。

(下转第 43 页)

第十二届中国计算机学会网络与数据通信学术会议 征文通知

为探讨计算机网络与数据通信技术的发展动态与趋势,推动我国在此方向的研究,促进我国科研人员在此领域的交流与合作,中国计算机学会网络与数据通信专业委员会拟于 2002 年 12 月 2-4 日在武汉举办“第十二届中国计算机学会网络与数据通信学术会议”。会议由中国计算机学会网络与数据通信专业委员会主办,华中师范大学承办(URL: <http://www.ccnu.edu.cn/>),并将邀请该领域的国际知名学者作专题特邀报告。为保证本次会议的学术质量,现以“三网融合”为主题向全国科技工作者公开征稿。征稿范围包括计算机通讯网络理论与工程的各个方面。本次会议的论文将由计算机学会推荐给有关核心期刊发表。

征文要求

- 1 论文应是未公开发表过,一般不超过 6 千字。
- 2 全文电子邮件投稿,要求 Word2000 兼容的电子文档,所有内容放于一个文件中。
- 3 编排格式——标题:居中,2 号黑体;作者:居中,4 号仿宋;作者地址:5 号楷体;摘要、关键词:5 号楷体;正文:5 号宋体;分节标题 4 号;参考文献:小 5 号宋体。

重要日期 论文提交截止日期:2002 年 10 月 20 日 论文接收通知日期:2002 年 11 月 15 日

会议注册日期:2002 年 12 月 2 日

投稿地址及联系人: 430079 湖北省武汉市华中师范大学计算机科学系 谭连生教授,电话:027-87673277,传真:027-87876070, Email: L.Tan@ccnu.edu.cn

当问题(4)有两个目标函数时,如图1所示,在目标函数空间中从原点做倾角为 $\theta_i(i=1,2,\dots,9)$ 的射线均分第一象限,并设射线与有效界面的交点为 $A_1, A_2, \dots, A_9$,若能求出对应于这些点的有效解,则也求出了目标规划的一组分布均匀的解。

根据文[4,5],若取适应值函数为

$$F(x) = \max_{i=1,2} \{w_i g_i(x)\}$$

$$\text{其中 } \begin{cases} w_1 = \sqrt{\sin\theta_i \cdot \cos\theta_i} / \cos\theta_i, \\ w_2 = 1/w_1 \end{cases}$$

采用文[4,5]中的多目标进化算法,就可望求出对应于 $A_1, A_2, \dots, A_9$ 点的有效解(详见文[4,5])。

一般情形,用文[4,5]中的多目标进化算法求解问题(4)的一组均匀分布的有效解,求出的该组解即为目标规划的一组分布均匀的解。用这种方法求解目标规划的优点有:(a)由于进化算法不要求目标函数可微,因此可直接多目标进化算法求解问题(4)式;(b)不需要增加约束函数;(c)不管容许决策空间是否凸的,一次运行就能求出目标规划的一组解;(d)求出目标规划的一组解分布均匀。求出目标规划的一组解后,比如可用文[6,7]中的方法确定出需要的解。

3 计算机仿真

本文对下面的两个测试问题进行了数值实验,这两个问题分别为:

问题 1

$$\begin{cases} V - \text{appr}(f_1(x), f_2(x)) \rightarrow (0, 0) \\ s. t. -\pi/4 \leq x_i \leq \pi/4, i=1, 2, \dots, 8, X=(x_1, \dots, x_8) \\ C=x_1+x_2+x_3+x_4, D=x_5+x_6+x_7+x_8 \\ A_1=0.5\sin(1)-2.0\cos(1)+\sin(2)-1.5\cos(2) \\ A_2=1.5\sin(1)-\cos(1)+2.0\sin(2)-0.5\cos(2) \\ B_1=0.5\sin(C)-2.0\cos(C)+\sin(D)-1.5\cos(D) \\ B_2=1.5\sin(C)-\cos(C)+2.0\sin(D)-0.5\cos(D) \end{cases}$$

$$\text{其中 } f_1(X) = (C+3)^2 + (D+1)^2,$$

$$f_2(X) = 1 + (A_1 - B_1)^2 + (A_2 - B_2)^2.$$

问题 2

$$\begin{cases} V - \text{appr}(f_1(x), f_2(x)) \rightarrow (0, 0) \\ s. t. -3 \leq x_1 \leq 3, -5 \leq x_2 \leq 5 \end{cases}$$

$$\text{其中 } x=(x_1, x_2), f_1(x) = \frac{1}{x_1^2 + x_2^2 + 1}, f_2(x) = x_1^2 + 3x_2^2 + 1.$$

对问题1、问题2分别运行到20、40代,每个问题运行5次。在表1、表2中,将 f_2 的值域等分成5个区间,分别列出了

每次运行两个算法在每个区间内求出的最优解的数目,知最优解相对分布均匀,考察最优解的数量可知算法是否可求出足够多的最优解。

表 1 问题 1 的结果

第 k 次运行	在 f_2 的各区间最优解的数目					最优解总数
	[1, 4.6]	[4.6, 8.2]	[8.2, 11.8]	[11.8, 15.4]	[15.4, 19]	
1	26	19	5	6	7	63
2	22	10	4	5	4	45
3	21	13	6	5	8	53
4	24	10	7	4	4	49
5	26	17	7	3	5	58

表 2 问题 2 的结果

第 k 次运行	在 f_2 的各区间最优解的数目					最优解总数
	[1, 17.8]	[17.8, 34.6]	[34.6, 51.4]	[51.4, 68.2]	[68.2, 85]	
1	54	29	16	12	10	121
2	71	30	17	13	15	146
3	63	29	21	8	9	130
4	40	18	23	11	12	104
5	39	25	13	8	7	92

结论 本文利用多目标优化的进化算法给出了求解目标规划新的算法,该算法克服了经典目标规划算法的不足之处,一次运行就能求出一组分布均匀的解,因而具有更强的使用性。计算机模拟的结果也充分表明了算法的有效性。

参考文献

- 胡毓达. 实用多目标最优化. 上海: 上海科学技术出版社, 1990
- Romero C. Handbook of critical issues in goal programming. Oxford: Pergamon Press
- Steuer R E. Multiple criteria optimization: Theory, computation, and application. New York: Wiley
- 刘海林, 王宇平, 刘永清. 一种新的正交多目标最优化遗传算法. 计算机工程与应用, 2002, 38(11): 27~29, 82
- 刘海林, 王宇平, 刘永清. 带约束多目标最优化问题的一种新的进化算法. 计算机科学, 2002, 29(7): 118~120
- 刘健. 在多目标决策中利用基点计算权重. 系统工程理论与实践, 2001, (4): 27~30
- 刘德峰. 权重未知的多目标优选方法. 系统工程与电子技术, 1998, 20(8): 41~43
- Jennings N R. On agent-based software engineering. Artificial Intelligence, 2000, 117(2): 277~296
- Wooldridge M J, Jennings N R. Intelligent Agents: Theory and practice. Knowl. Eng. Rev., 1995, 10(2): 115~152
- Advanced Visual Systems. <http://www.avs.com/>
- Iris Explorer. <http://www.nag.co.uk/visual/ie/welcome.html>
- Khoral Research. Inc. <http://www.khoral.com>
- <http://www.Agentbuilder.com/>
- <http://www.tryllian.com/>
- <http://www.lpa.co.uk/ind-top.htm>
- Gallimore R J, Jennings N R. Cooperating Agents for 3-D Scientific Data Interpretation. IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, 1999, 29(1)
- Jennings N R. An Agent-based Approach for Building Complex Software Systems. CACM, 2001, 44(4): 35~41
- 吴元斌, 石纯一. 面向 agent 软件工程. 计算机科学, 2002, 29(1): 87~89

(上接第 41 页)

参考文献

- Gallimore R J, Jennings N R. Cooperating Agents for 3-D Scientific Data Interpretation. IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews, 1999, 29(1)
- Jennings N R. An Agent-based Approach for Building Complex Software Systems. CACM, 2001, 44(4): 35~41
- 吴元斌, 石纯一. 面向 agent 软件工程. 计算机科学, 2002, 29(1): 87~89
- Jennings N R. On agent-based software engineering. Artificial Intelligence, 2000, 117(2): 277~296
- Wooldridge M J, Jennings N R. Intelligent Agents: Theory and practice. Knowl. Eng. Rev., 1995, 10(2): 115~152
- Advanced Visual Systems. <http://www.avs.com/>
- Iris Explorer. <http://www.nag.co.uk/visual/ie/welcome.html>
- Khoral Research. Inc. <http://www.khoral.com>
- <http://www.Agentbuilder.com/>
- <http://www.tryllian.com/>
- <http://www.lpa.co.uk/ind-top.htm>