

基于 agent 的地学协同工作模型

戚铭尧¹ 励惠国² 何建邦³ 池天河³ 李家齐¹

(1 清华大学深圳研究生院, 深圳 518055; 2 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统重点实验室, 北京 100101; 3 中国科学院遥感应用所, 北京 100101)

摘要: 地学协同工作是指群体在一定的环境下(比如地图、虚拟现实空间等)通过相互协作来解决与地学相关的问题, 论文首先对地学协同工作及其协作模型的研究现状进行了简单综述, 然后提出了基于 agent 的地学协同工作模型, 这种模型以计算主体作为协作过程的最小分解单元, 用 agent 对这种计算主体进行封装, 论文阐述了这种协作模型的总体结构和各 agent 的内部结构, 最后对模型的可用性进行了评价。

关键词: 地学协同工作; agent; 协作模型; CSCW

1 引言

在研究或解决与地学相关的问题时, 人们常常发现单靠个体的能力、权限、设备、时间或其他资源来完成一项工作是不可能、不经济、不完整、不精确或者不合理的, 因此群体的协作行为成了必不可少的一种手段。地学协同工作是群体在一定的环境下(比如地图、虚拟现实空间等)通过相互协作来解决与地学相关的问题。美国 NCGIA (National Center for Geographic Information Analysis) 的 Armstrong 和他的同事们从 20 世纪 90 年代以来, 长期进行群体协作空间决策支持系统的研究。Armstrong(1995) 和 Densham(1995) 认为, 群体协同式空间决策支持系统的研究应该借鉴计算机支持的协同工作(CSCW)的研究成果。MacEachren 教授在 1999 和 2000 年连续提交了两份研究报告, 从制图学和 GIS 如何支持协同工作的角度对地理协同工作的相关研究进行了分析, 前一个报告侧重于同一地点的地理协同(same space geocollaboration), 后一个报告则侧重异地的地理协同(different space geocollaboration)。他在 IJGIS 上发表的一篇地学协作方面的论文(MacEachren 2003) 系统地提出了可视化的地理协同工作的概念框架, 使得对具体地学协作问题的设计、实现和评价有了基本方法和准则, 这个框架包括 6 大要素, 即问题域、协作任务、观点一致性、时间和空间、交互特征、协作工具。

作者认为, 地理学的问题, 无论是学术研究、工程实践、还是地理教育, 在本质上都是一个群体协同工作的过程^[4]。Sycara(2000) 和 Payne(2000) 等将多智能体技术引入到群体工作中, 他们设计的一个原型系统 MokSAF, 可以在应急指挥系统中为协同完成任务的各个成员进行整体的路径规划。紧急事件发生的环境往往是不确定的、经常变化的, 在 MoSAF 系统中, 每个移动目标对应一个路径规划智能体(RPA), 多个移动目标在接近目的地的途中, RPA 实时进行路径规划, 计算路径最短和油耗最小的路径。个体之间的规划可能会产生冲突, 这就需要 RPA 之间相互交互, 在冲突发生时重新整体规划, 直到冲突消除。在地学协同工作系统的设计、实现与评估过程中, 协作模型是至关重要的。协作模型是为了保证协作者之间以及协作者与计算机之间相互配合, 完成一个共同的目标而设计出的一种协作系统实现模式, 它涉及到协作任务的分配、协作过程的分解、协作过程控制、协作通信语言等诸多方面。本文将借鉴 CSCW 领域的一些研究成果, 提出一种基于 agent 的地学协同工作模型, 并对该模型的可用性进行评估。

2 地学协同工作模型

根据对协作过程的不同分解方式, 人们提出了多种协作模型, 包括会话模型(Giorgio De Michelis

收稿日期: 2005-10-10; 修回日期: 2006-06-09.

作者简介: 戚铭尧(1974-), 博士, 曾在中国科学院遥感所做博士后研究工作, 现为清华大学深圳研究生院讲师, 研究方向为地理信息服务、地学协同工作、GIS 与交通物流等, 曾发表论文近 20 篇。E-mail: qimingyao@vip.sina.com

, 1984, F De Cindio, 1986)、会议模型 (戚铭尧, 2003)、过程模型(史美林, 2002)、活动模型(Kuutti, 1991, 1992)、角色模型(葛声等, 2003)等等, 比如对话模型是将协作过程分解为一系列的两人之间的对话, 会议模型是分解为一群人之间的对话, 而过程模型则是分解为一些预先定义好的流程, 活动模型和角色模型分别将协作过程分解为一组活动和角色。

Agent 是处于某个环境中的一个封装好的计算实体, 它能够在环境中灵活、主动地活动, 以达到为它设计好的目标(Jennings, 2000)。Agent 具有自主性、交互性、主动性和反应性等, 它不仅能作用于自身, 而且可以施动作于环境, 并能接收环境的反馈信息, 与其他 agent 协同工作。因此, 我们提出基于 agent 的地质协作模型, 将协作过程分解为一组 agent, 通过 agent 之间的相互作用来实现协作过程。

2.1 模型总体结构

面向 agent 的协作模型的基本思想是将协同工作系统分解为由一组具有问题求解能力的计算主体以及资源和任务组成, 如图 1 所示。不同的应用背景会有不同的计算主体, 总的来看可以归纳为以下几种:

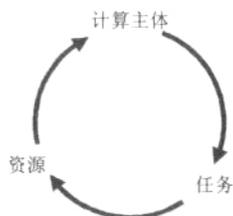


图 1 面向 agent 的协同工作分解
Fig.1 The decomposition of agent-based collaboration

- 参与协同工作的人
- 用户界面
- 由多人组成的组织(组织可能有多个层次)
- 协作工具
- 地质模型服务
- 任务协调器
- 资源协调器
- 全局信息服务器

将每种计算主体设计成一种完成特定任务的 agent, 各 agent 之间通过消息传输服务来进行协作, 建立在这些 agent 基础上的协作模型如图 2 所示。

(1) 用户 agent: 代表用户参与协同工作中的活动, 其任务是负责局部行为的规划和局部目标的完成。根据不同的应用, 可以划分多种不同的用户 agent, 这种划分与基于角色的协作模型类似, 是按照参与者的职责与权限来划分的。用户 agent 与用户界面 agent 有着频繁的消息传递。

(2) 用户界面 agent: 用户界面指的是包括多个 avatar 的三维虚拟地理环境界面, 用户界面 agent, 一方面收集用户在图形界面上输入的信息, 发送给用户 agent 进行处理, 另一方面是执行由用户 agent 或协作工具 agent 发出的更新界面的指令。

(3) 协作工具 agent: 协作工具 agent 可以理解成一种特殊的用户界面 agent, 它提供多种交流交互途径, 如视频交互、音频对话、BBS 等。协作工具 agent 是对用户 agent 之间直接用 agent 通讯语言进行通讯的一种补充, 它使得系统可以充分应用 CSCW 领域里不断发展的群件技术, 发挥多媒体通讯的优势, 同时使得系统具有很好的扩展性。

(4) 地质模型 agent: 在地学的各个应用领域都有很多模型(库)、方法(库), 比如地下水位预测模型、地下水温度预测模型、森林林分生长模型等, 这些模型和方法是地质研究者长期研究成果的结晶,

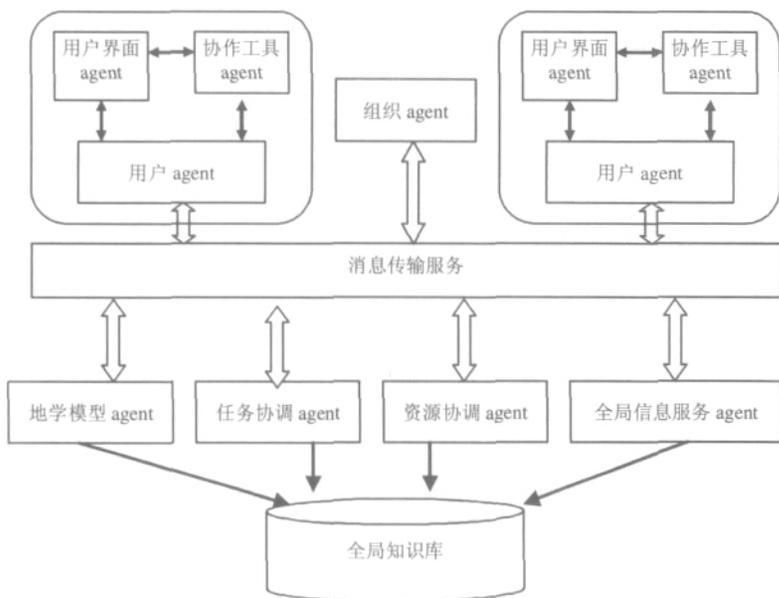


图 2 基于 agent 的协作模型的总体结构

Fig.2 The architecture of agent-based collaboration model

是一种非常专业和强大的计算实体,对于协作者分析问题,作出决策是非常有帮助的。地质模型 agent 是专门为其他 agent 提供这种计算服务的 agent。这里的地质模型是一种广义的模型,包括各种包含专家知识推理的模型。

(5) 组织 agent: 它代表由多个用户 agent 组成的群组,在协作中以一个整体的身份承担一定的任务,它通常对应现实中的一个部门,或业务相关的多个部门的组合。与组织 agent 进行协作时,不需要了解组织内部的结构和组织个体的信息,而是把组织 agent 当成一个虚拟的用户 agent,它也有自己的职责、权限和知识库。

(6) 任务协调 agent: 虽然各用户 agent 已经拥有部分关于任务协作的知识,但是当各用户 agent 承担的任务之间存在依赖性时,需要一个宏观调控器,任务协调 agent 就是在任务完成过程中保证各用户 agent 之间行为的同步性、顺序性和一致性。

(7) 资源协调 agent: 协作系统中的资源是有限的,多 agent 在使用资源时可能会发生冲突,比如对共享目标的操作一般不能由多个 agent 同时进行,这时需要资源协调 agent 按照自身知识库或全局知识库中的协调策略进行协调。

(8) 全局信息服务 agent: 负责对全局信息进行管理,并提供信息服务,包括用户注册、目录服务、信息检索等。比如用户 agent 在发布自身状态信息时,为了减少不必要的消息传输,把信息发送给应该收到的用户 agent, 可以把自己的意图发送给全局信息服务 agent, 后者从全局知识库中搜索相关的用户 agent ID, 并返回给前者,前者收到后再将信息发送给这些目标 agent。

(9) 全局知识库: 是关于任务、资源、协作者的知识的集合,全局信息服务 agent 的活动将导致全局知识库内容的修改,另外,任务协调 agent 和资源协调 agent 在使用全局知识库的同时也可能修改其内容。

2.2 Agent 内部结构

agent 内部结构是实现上述模型的关键。按照 agent 的结构,一般可以将其分为慎思型 agent、反应型 agent 和混合型 agent。慎思型 agent 是一个基于知识的系统,它具有规划和推理能力,最经典的是 Bratman(1987)从哲学角度提出的 BDI 模型,其中 BDI 分别代表信念(Belief)、愿望(Desire)和意图

(Intention)。Rao 和 Georgeff(1995)提出了能够完整体现 Bratman 的 BDI 理论的形式化描述。虽然在实际应用中,用计算机语言完全精细地表达这些概念和过程并不容易,但是采用一些简化的数据结构和模型,可以实现知识推理、行为规划与协调控制。反应型 agent 能够简单地对外部刺激产生响应,它没有任何内部状态,也不需要推理,能够根据“条件-动作”规则快速作出反应。混合型 agent 是上述两种 agent 的综合,它增加了一种“元知识”,以判别什么时候采用慎思型,什么时候采用反应型,因而发挥了前两种 agent 的优势,克服了他们的弱点。除了这三种典型的 agent 之外,在实际应用中还有一种最简单的 agent,可称为被动 agent,它类似于面向对象方法中的对象,对所有外部的请求,都无条件地执行。与对象不同的是,这种 agent 也采用消息传递的方式与其他 agent 进行交互,而不是采用方法调用的方式,这样可以保证整个多 agent 系统各部分之间相互作用方式的一致性。

在设计协作模型中的各 agent 内部结构时,要认识到这些 agent 之间的差异性,针对不同类型的 agent 采用不同的结构,如表 1 所示。对于地质模型 agent,一方面对于结构化问题,可以根据一定的“条件-反应”规则直接作出判断,或者运用地理计算(Geocomputing)得出确定的结果,另一方面,在解决非结构性问题或半结构性的问题时,利用领域知识进行推理,为用户提供行为决策支持,因此需要采用混合型 agent 结构来表达。对于任务协调 agent 和资源协调 agent,一般通过制定一些明确的协调规则,对请求协调的 agent 作出反应,因此适合采用反应型 agent 结构。对于用户 agent 和组织 agent,要求能够对其他用户和环境快速作出反应,因此也适用反应型 agent。用户界面 agent、协作工具 agent 和全局信息管理 agent,不需要规则反应或智能推理能力,因此可以用被动型 agent 的结构进行封装。

我们将协同工作知识库中的知识主要分为 5 类:

(1) 领域知识: 指特定的应用领域内的知识,在虚拟地理环境中指的是地质知识,它包括专家知识库、地质模型库、方法库等;

(2) 自身状态知识: 包括自身的职责、权限、工作状态等信息;

(3) 协调控制知识: 关于任务协调和资源协调的知识,其目的是为了消除冲突,保证一致性;

表 1 Agent 结构的选择
Tab.1 Choosing of different agent types

Agent 类型	Agent 结构	主要知识库				
		元知识	领域知识、模型	自身状态知识	协调控制知识	协作环境知识
用户 agent	反应型	✓		✓	✓	✓
组织 agent	反应型	✓		✓	✓	✓
任务协调 agent	反应型	✓		✓		
资源协调 agent	反应型	✓		✓		
地学模型 agent	混合型	✓	✓	✓		
用户界面 agent	被动型	✓		✓		
协作工具 agent	被动型	✓		✓		
全局信息管理 agent	被动型	✓		✓	✓	✓

(4) 协作环境知识: 包括对协作问题的空间描述、属性描述和对其他协作者的描述;

(5) 元知识: 一种关于知识的知识, 它记录了 agent 求解问题能力的知识(内部方法的描述), 以及在什么情况下采用何种方法进行处理的知识。

从以上分析可以看出, 不同类型 agent 对知识的需求情况是不一样的, 为了降低系统的复杂度, 我们统一采用了一个基于元知识的混合型 agent 模型, 其内部机构分别如图 3 所示。

(1) 知识库对应 BDI 中的信念(Belief), 如上所述, 不同的 agent 其知识库中的内容是不一样的, 以用户 agent 为例, 它记录了用户自身的状态(位置、视野、职责、权限、工作进度等)、协作环境的描述(虚拟地理环境模型、其他用户的空间位置、工作状态等)、协调控制的规则(如顺序规则)、领域专家知识、模型与方法, 以及元知识等。

(2) 目标对应 BDI 中的愿望(Desire), 一般用一个有限状态机(FSM)来表示。在控制、推理的过程中, 目标可能会得到修正, 当 FSM 中所有变量为真时, 目标达到, 协作任务完成。

(3) 行为计划对应 BDI 中的意图(Intension), 它是达到目标的一些中间步骤。在执行行为的过程中需要自身状态知识和领域知识的支持, 同时也可能导致这些知识的修改。行为计划的执行方式有 3 种: 顺序执行: 一般以队列方式进行存储, 按照先进先出的方式确定当前的行为; 循环执行: 按照指定的时间间隔持续地循环执行; 按照优先级执行: 为行为指定优先级, 按照优先级大小的顺利依次执行。

(4) 推理与控制中心是 agent 的核心组件, 它由行为规划机、知识推理机和协调控制机 3 部分组成。所有外部消息到来时, 先通过行为规划机进行任务分派: 对于需要推理的任务, 调用任务推理机进行处理; 对于协调控制类型的任务, 调用协调控制机进行处理; 对于既不需要推理, 也不需要协调控制的任务, 则直接生成行为, 放到行为列表中。

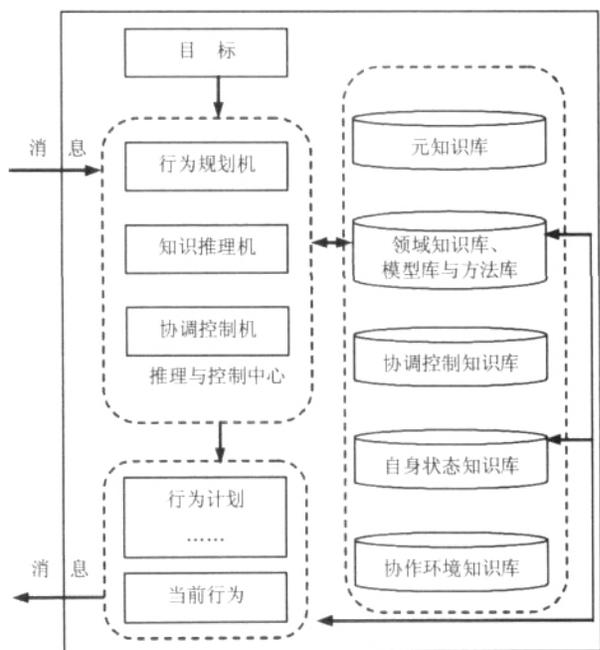


图 3 混合型 agent 内部结构

Fig.3 The internal structure of the agent

模型总体上由知识库、行为库、目标库以及推理与控制中心四大部分组成, 可以看出它们与 BDI 模型中的概念基本一致:

IF Keyword=Walk_Forward Then Action=In-form_All and Collision_Avoidance

该语句表明, 当(用户界面 agent)发送一条关键词为 Walk_Forward(avatar 前进)的消息后, 行为

规划机产生两个动作: 一个是 Inform_All(通知所有的用户 agent), 另一个是进行 Collision_Avoidance(碰撞检测与避免)。

知识推理机能够根据领域知识进行推理, 其理论基础和方法来源于专家系统或者决策支持系统。协调控制机是根据协调控制知识库和自身状态知识库进行任务协调和资源协调, 与行为规划器一样, 它也是基于规则评判的, 由于这些规则是确定性的, 因而不需要推理的过程。

3 模型可用性评价

面向 agent 的协作模型是否可用, 一是要看它与现实世界的模型是否相符, 二是要看现有的计算机技术水平上最终能否完整地实现。本文提出的协作模型以“计算主体”作为分解和抽象的基本单元, 基本涵盖了地质协同工作系统的各个方面, 并具有一定的开放性, 主要表现在:

(1) 引入地质模型 agent, 将地质领域已经存在的模型库、方法库以及各种地理信息服务纳入 CVGE 系统的范畴, 大大扩充了 CVGE 的功能, 以 agent 形式存在的这些地理计算资源, 还可以实现更充分的知识共享, 为分布在各地的用户提供服务;

(2) 将协作工具封装成 agent, 为多媒体的协作通道提供了可能, 诸如声音、视频等多媒体界面具有直观、实时性好的优点, 在协作中常常能发挥重要作用;

(3) 组织 agent 是一种高层次的抽象, 它将共同完成一定功能的一组 agent 抽象成为一个虚拟 agent, 在必要的时候以整体的身份参与协作, 可以更好地保持工作状态一致性、提高协同工作的效率;

(4) 通过采用元知识将多种类型的 agent 统一到同一个 agent 内部结构上, 使模型结构具有很好的灵活性。

在模型计算机技术实现方面鉴于其面向 agent 的程序设计语言还停留在试验阶段, 在易用性、强壮性等方面与传统的面向对象语言 (如 java, C++ 等) 还有很大差距, 本文在模型的程序实现上没有采用面向 agent 的编程语言, 而采用了面向对象的 java 语言。事实上在现有的超过 60 个 agent 构建平台中, 80% 以上都是由面向对象的语言 - Java 实现

的。虽然对象与 agent 之间存在着本质的区别, 但是用面向对象的语言实现基于 agent 的应用系统并不矛盾, 正如 C 语言并非是面向对象的, 但是它也能实现面向对象的 C++ 语言所能实现的功能一样。因此, 作为目前被证实最为强大的程序设计语言, 面向对象的程序设计语言可用于实现基于 agent 的协同工作模型。

参考文献

- [1] Armstrong M P, Densham P J. Cartographic support for collaborative spatial decision-making. Proceedings of Twelfth International Symposium on Computer - Assisted Cartography (Auto Carto 12), 1995, 49-58.
- [2] Densham P J, Armstrong M P, Kemp K K. NCGIA Initiative 17 on Collaborative Spatial Decision Teamwork. <http://ncgia.ucsb.edu>, 1995.
- [3] MacEachren A M, Brewer I. Developing a conceptual framework for visually-enabled geocollaboration. International Journal of Geographical Information Science, 2003.
- [4] 万庆. 地理协同工作与群体空间决策支持系统研究. 中国科学院地理科学与资源研究所博士论文, 2001.
- [5] Sycara K, Giampapa J. Integrating Intelligent Agents into Human Teams. <http://www-2.cs.cmu.edu/~softagents/presentations/AgentStorm.ppt>, 2000.
- [6] Payne T R, Sycara K. Multi-Agent support for coordinated geospatial planning tasks. Workshop on Intelligent Agent Support for Imagery and Geospatial Analysis, Mapping and Exploitation (iGAME Agents 2000).
- [7] Giorgio De Michelis, et al. Situating conversations within the language/action perspective: The Milan Conversation Model. Proc. of CSCW '94, 1984, 89-99.
- [8] F De Cindio, G De Michelis, C Simons, Vassallo R, Zonaboni A M. CHAOS as coordination technology. Proc. of CSCW 86, 1986, 325-342.
- [9] 葛声, 孙瑛霖, 杜宗霞. 基于角色的协作关系建模研究. 计算机工程与应用, 2003, 15-20.
- [10] 史美林等. 计算机支持的协同工作. 电子工业出版社, 2000.
- [11] Qi Mingyao, Chi Tianhe, et al. Collaborative virtual geographic environment: A study on virtual forest environment, 2003. In Proceedings of International Conference on Virtual Geographic Environment and Geocollaboration, Hongkong, 15-16, 2003.
- [12] Jennings N R. On agent-based software engineering. Artificial Intelligence, 2000.
- [13] Bratman M. Intention, Plans, and Practical Reason. Har-

vard University Press, 1987.

Multi-Agent Systems (ICMAS-95), San Francisco, 1995,

[14] Rao A S, Georgeff M P. BDI agents: from theory to practice. Proceedings of the First International Conference on

312-319.

An Agent-based Collaboration Model of Geocollaboration

Qi Mingyao¹, LI Huiguo², HE Jianban¹, CHI Tianhe¹, LI Jiaqi³

(1 Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China; 2 State Key Lab of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Geocollaboration is a kind of group work that people take part in together to solve some geographical problems under a certain environment, such as map, virtual reality environment and so on. This article briefly reviews the state of the art of geocollaboration and its collaboration model, then it presents an agent-based collaboration model. Different from other collaboration models' decomposing methods (such as the decomposing granularity of Activity Model is activities, and that of Role Model is roles, etc.), this collaboration model's decomposing granularity is computing units, such as geographic models, user avatars, coordination controllers, message transport services, and so on, all these units can be encapsulated by agents. At the end of this paper it assesses the usability of the model, it is proved that agent-based collaboration model can exert the virtues of agent, such as autonomous, reactive, collaborative features as well as its high expansibility.

Key words: geocollaboration; agent; collaboration model

上接 P78

Sensitivity of SWAT Model to Detailed Soil Information

LI Runkui^{1,2}, ZHU A-Xing^{1,3}, Peter C. Augello³, James E. Burt³

(1 State Key Lab of Resource and Environment Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing China, 100101;

2 Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, CAS, Beijing China, 100049;

3 Department of Geography, University of Wisconsin-Madison, Madison WI 53706, USA)

Abstract: As an important component of input data, soil information directly impacts the accuracy of the simulation of hydrologic model. Sensitivity of SWAT model to detailed soil information was investigated through comparison of the simulated stream flow produced by using SSURGO and SoLIM as different soil input data. A case study was conducted in Brewery Creek, a 19.5km² area catchment in Dane County, Wisconsin. The simulation results before and after model calibration both indicate that there is only slight difference between the simulated streamflow. This study reveals the weak sensitivity of SWAT model to detailed soil information in the hydrological modeling of a small watershed. The main reason for lack of insignificant difference is that soil information was highly aggregated in the model and that the use of Curve Number as means for representing soil variability in the model also muted the impact of detailed spatial information.

Key words: SWAT; SoLIM; soil map; curve number; sensitivity