

基于多智能体的空间信息协同分析研究

林志勇¹, 孟令奎¹, 李雯静²

LIN Zhi-yong¹, MENG Ling-kui¹, LI Wen-jing²

1.武汉大学 遥感信息工程学院, 武汉 430079

2.武汉科技大学 资源与环境工程学院, 武汉 430081

1.School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2.Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China

E-mail: zhy_lin@163.com

LIN Zhi-yong, MENG Ling-kui, LI Wen-jing. Research on multi-Agent based spatial cooperative analysis. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(12): 13-16.

Abstract: Spatial information is one of the most important resources in IT field. In order to make full use of spatial information, we need some department to work cooperatively. This paper focuses on a new method approach for use Multi-Agent to implement spatial analysis. Firstly, we give a model to implement spatial analysis through cooperative work. Secondly, we explain the communication, cooperation and architecture of Multi-Agent based spatial analysis. At last, we give a prototype system.

Key words: Multi-Agent; spatial analysis; cooperation work

摘要: 随着信息技术的发展, 空间信息的利用已经深入到各专业应用领域, 充分利用空间信息需要多部门的协同合作。多智能主体技术为实现多个个体之间的协同工作提供了一种新的方法; 分析了协同分析的处理过程和协同空间分析的任务分解模型, 设计并论述了多主体之间的消息传递机制、协作方式和系统体系结构, 实现了一个基于多智能主体技术与空间信息的协同分析原型系统。

关键词: 多智能体; 空间分析; 协同工作

文章编号: 1002-8331(2007)12-0013-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

当戈尔(Al. Gore)在其《数字地球: 21世纪人类地球之认识》一文中第一次提出“数字地球”这一概念时便指出“我们所拥有的信息已经超过了我们所具有的处理能力”。随着计算机技术和信息技术的发展, 数据采集技术和数据处理技术已经发生了巨大的变化, 通过遥感、遥测、GPS、摄影测量、雷达、激光等等, 可以获取到大量的数据, 数据获取能力的几何级数的增长已经大大超越了当前计算机的存贮、运算和处理能力。科学、高效地管理和处理好这些海量数据, 并充分利用海量的空间数据为社会经济生活服务已经成为了一个迫切需要解决的问题。

特别地, 随着网络技术的发展, 人们已不满足于简单的人机交互, 而是希望通过联网的计算机来促进人与人之间的信息交流。传统的单用户模式限制了可解问题的复杂度和求解的效率, 它正受到分散在不同计算机上, 由各个用户分工协作, 以高效求解复杂问题的挑战。

目前, 国内的地理信息系统建设经历了单机 GIS、C/S 模式的 GIS 到网络 GIS 的发展, 人们对地理信息的利用也从单机个人模式发展到了网络应用方式。然而与此同时, GIS 用户间的交流和协作程度依然处于很低的水平, 要充分发挥空间信息的

优势, 迫切需要建立协同的工作环境。空间分析是 GIS 的核心内容之一, 建立分布式环境下的空间分析协同模型, 并根据空间分析目标, 进行分工合作, 交互协商, 协同完成空间分析任务, 能够促进计算机技术, 网络技术和空间信息技术的融合, 扩大空间信息利用的深度和广度。协同空间分析的目的是利用计算机和通信技术建立一个基于地理信息协同工作的环境, 在此环境中人们可以相互合作, 共同工作于一个空间分析项目^[1,4,10]。

Agent 技术是近年来发展起来的一种智能计算技术。Agent 是由知识、信念、意向、期望等因素组成的一个实体, 它可以感知系统环境的变化, 并对这种变化做出自主的反应^[2,3]。Agent 不仅能够作用于自身, 而且可以作用于环境, 根据不同的环境实时地调整自己的行为, 并和其他 Agent 协同工作, 达到最优的运算效果。Multi-Agent, 即多智能主体, 主要是研究多个 Agent 之间如何相互协作、相互支持以完成系统的共同目标。多智能主体技术特别适用于那些物理分布或逻辑结构上具有分布特点的应用领域, 这种技术已成为当前分布式人工智能的一个研究热点, 也是该领域发展最快的基础技术之一。采用多智能主体技术构建网络虚拟现实系统, 可以对分布式的计算资

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2005AA113150); 湖北省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Hubei Province of China under Grant No.2004ABA013)。

作者简介: 林志勇(1978-), 博士生, 现从事协同空间分析、三维虚拟现实和三维并行地理信息系统方面研究工作。

源和数据资源进行整合、集成与利用,同时支持多个网络虚拟现实用户的协同工作^[5,6]。

2 协同空间分析

空间分析是地理信息系统的核心内容之一。传统的空间分析内容包括路径分析、缓冲区分析、最短路径分析等。然而这些分析还停留在单机和封闭环境下,各种空间分析的应用彼此独立、相对封闭,分布在不同场所和系统中,缺乏互相沟通和协作,相互之间仍是“信息孤岛”^[7-9]。传统空间分析的封闭性表现在以下几个方面:首先,空间分析中,不能利用分布式存储的丰富的数据资源,因而空间分析的结果是基于某一方面或者某几方面的结果;其次,空间分析应用中,某些分析结果是其他空间分析的条件;第三,空间分析也需要集成其他的业务和专业的信息和知识,需要多个行业和合作和集成,等等。

大型的空间分析应用涉及到多个政府部门之间的协同工作,例如城市应急联动安防系统需要有公安、消防、交通、120、供电、供水和政府等部门的应急业务,对于突发事件的处理需要这些部门中的一个或者多个分工协作以取得最快和最佳的处理结果。

2.1 协同空间分析特点

协同空间分析,就是指能够建立一种基于计算机网络的协同环境,在此环境中各部门之间可以相互合作,共同工作于一个空间分析目标或一个项目,或求解一个空间分析上的难题。与传统的空间分析和空间数据应用相比较,协同空间分析具有以下特点:

(1) 数据来源多样性

协同空间分析的数据源不仅包括已有的以图形、图像、文字、表格和数字等形式表现的自然、社会和人文经济数据,也包括在协同过程中产生的数据。

(2) 决策模型多样性

协同空间分析运算中所运用的决策模型是多样的,空间决策支持系统中许多模型是空间模型,空间模型有时候可以转化为非空间模型来运算,而非空间模型亦可通过在每一个空间单元上实施该模型而空间化。

(3) 决策结果表现形式多样性

协同分析的结果包括协同分析的最终结果和中间结果。这些结果的内容针对不同的结果查询方或者结果使用者来说,表现形式是各不相同的。相同内容的决策结果可以表现为文字、图表、图形(二维或三维)等形式或者是这些形式的组合。

(4) 多部门协同合作

协同空间分析是多个部门互相合作以寻求某一问题的最佳解决方案。协同空间分析不仅是计算机之间对同一任务目标的协同合作,而且是跨领域和研究范围的研究合作。

2.2 协同空间信息处理过程的任务分解

协同空间信息处理,是指为了完成某个协同空间分析任务,而将多个部门和功能组织在一起,按照某种顺序而连接在一起的一系列活动。协同空间信息处理过程是集合计算机功能,数据交换操作和人机交互操作的复杂的事件序列,由一些既相互独立又相互关联的子任务构成^[1,10]。

协同空间信息处理过程往往涉及很复杂的分析过程,这些过程还不能完全依靠简单的数学模型和算法来描述。协同空间分析处理过程模型描述为一个或者多个简单空间分析模型与

多次人机交互的组合,协同空间分析处理过程可以分解为一个或者多个串连、并联或者环连子过程的集合。在空间信息处理过程中,过程关系流是空间活动与过程数据之间的唯一连接,它构成了整个空间信息处理过程的业务逻辑和变迁规则^[9]。协同空间分析处理过程的子过程不仅包括空间分析还包括依托于具体应用领域的具体空间分析应用模型。

协同空间处理过程任务分解的目的是为了将网络中其他闲置的资源充分利用起来,如计算资源、数据资源等,以达到最佳的运算效果和最快的运算速度。一个大的计算任务可以被分解为多个子任务,不同的分解方式所得到的子任务集合是不同的,子任务中彼此的关系也不相同。子任务集合中,一些子任务是可以并行处理的,彼此之间没有顺序上的关系,不存在某一个任务的输出是另一个任务的输入情况;还有一些子任务彼此之间是存在关联的,表现为某个(些)任务的输出是后续某个(些)任务的输入。

任务的完成时间表现为从任务的结束时间和请求发送时间的时差,也就是各相关子任务的累计时间和。对于并行子任务,任务完成时间表现为需要时间最长的子任务完成时间。如图1所示,其中矩形的长度表示任务完成所需要的时间。

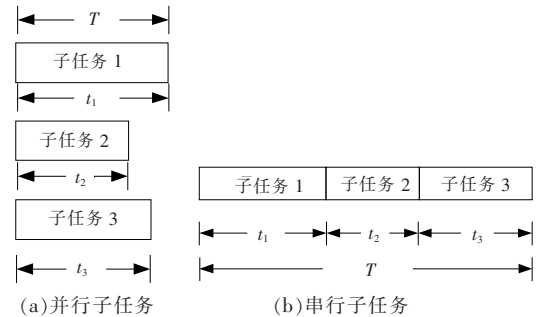


图1 任务分解

图1说明了对于不同的任务种类,其任务分解的情况。假设 T 表示整个任务完成所需要的时间, t_i 表示完成子任务 i 所需要的任务完成时间。则在并行条件下任务的完成时间为

$$T = \text{Max}(t_i) \quad (1)$$

如图1(a)表示并行条件下总的任务完成时间 $T=t_1, t_1, t_2, t_3$ 分别为三个并行子任务的完成时间。

串行条件下的任务完成时间:

$$T = \sum_{i=1}^i t_i \quad (2)$$

T 为子任务完成时间的累加和, i 为子任务的数目。图1(b)表示串行条件下总的任务完成时间为 $T=t_1+t_2+t_3, t_1, t_2, t_3$ 分别为三个串行子任务的完成时间。

3 基于多智能主体的协同空间分析模型

3.1 系统结构

协同空间分析的过程是利用多个主体共同协作工作已达到最终的共同目的的过程。基于多智能主体的协同空间分析系统的设计既要充分考虑各个主体之间的对等关系,也要考虑各个主体直接的协调一致性。在系统的设计上采用了混合P2P结构。如图2所示,保证了各相关主体在中心服务器控制下的通讯以及资源的共享,以及相互协作以达到最终目标。

其中,中心服务器用于对整个系统进行协调和管理,定义协同空间分析工作流和各空间操作过程之间的协作关系,定义

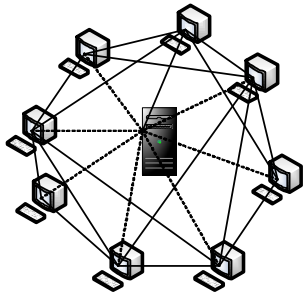


图2 混合网络结构

任务的执行规则和通讯规则。功能 Agent 节点对应为相应的空间操作和空间分析功能,各功能 Agent 之间相互关联、互为利用。协同分析功能 Agent 执行流程:

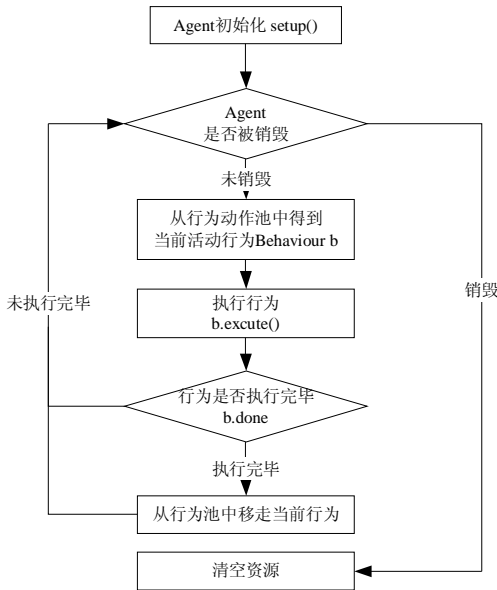


图3 功能 Agent 执行流程

协同分析功能 Agent 的生命周期中,包括初始化、活动、暂停、等待、迁移和消亡 6 个状态。

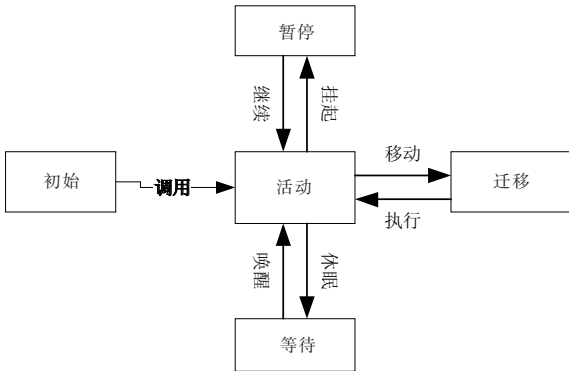


图4 功能 Agent 生命周期

3.2 协作机制

多智能体之间进行空间分析任务的协同,每一个空间分析智能体对应一个空间分析功能 Agent,一个空间分析功能 Agent 对应一个具体的协同操作行为 (Collaboration Operation)。协同操作行可以描述为下面三种类型:一次行为、循环行为和触发行为。一次行为,在成功执行一次处理动作后销毁;循环行为,相同的操作在该主体的生命周期内始终被调用,直到该主体的更高级别的行为销毁其为止;触发行为,在一定的自身状

态和外界操作的驱使下被触发执行,然后根据执行后的状态决定是否被销毁。智能主体的行为可以是以上三个行为中的一种,也可以是其中一个或者多个的组合体。

通讯是 Agent 之间进行协作工作的基础,在本实验系统中采用的通讯机制为异步消息传递机制,每一个 Agent 都对有一个 Agent 消息队列用于接收从其他 Agent 传递来的消息。

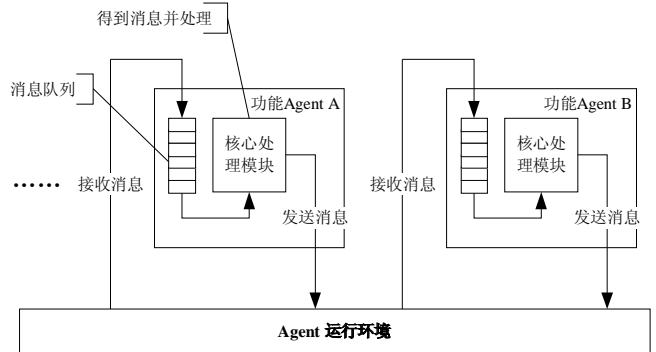


图5 功能 Agent 的消息传递

消息的定义格式采用由 FIPA 定义的 ACL 国际标准,消息的内容由以下部分构成。消息来源、消息目的地列表、行为描述、内容、内容描述语言、本体描述和附加描述。

- (1)消息发送对象,消息的发送者。
- (2)消息接收对象列表。
- (3)通讯行为类型,用于描述消息发送对象发送该消息的目的。通讯行为可以是请求 (REQUEST),消息接收对象根据该消息执行一个动作;通知 (INFORM),通知消息接收对象一个结果;查询 (QUERY_IF),查询消息接收对象是否满足某条件;征求建议 (Call for Proposal) 提议,用于谈判或者其他条件,其结果可能为计划 (PROPOSE),接受 (ACCEPT_PROPOSAL),反对 (REJECT_PROPOSAL) 等:

①消息内容,消息中包含的消息内容描述实体。例如通知消息的内容,请求消息的动作描述等。

②内容描述语言,消息内容描述语言的定义。消息发送对象和消息接收对象都可根据该定义来有效的解析和生成消息内容。

③本体一致性,对消息发送对象和消息接收对象而言,同一本体的描述是一致的。

④附加描述,消息的附加信息描述,例如消息响应的超时设定和多个并发通讯的控制。

服务注册中心,服务注册中心是整个系统的内容协调和控制中心。各功能 Agent 将服务在注册中心上进行注册。功能 Agent 通过服务注册中心发布服务,各功能 Agent 可以通过服务注册中心进行功能的检索。如图 6 所示。

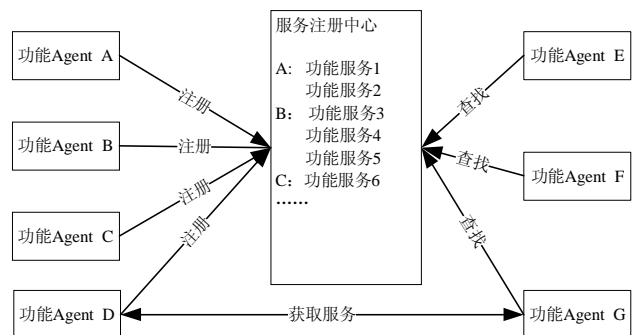


图6 服务注册中心

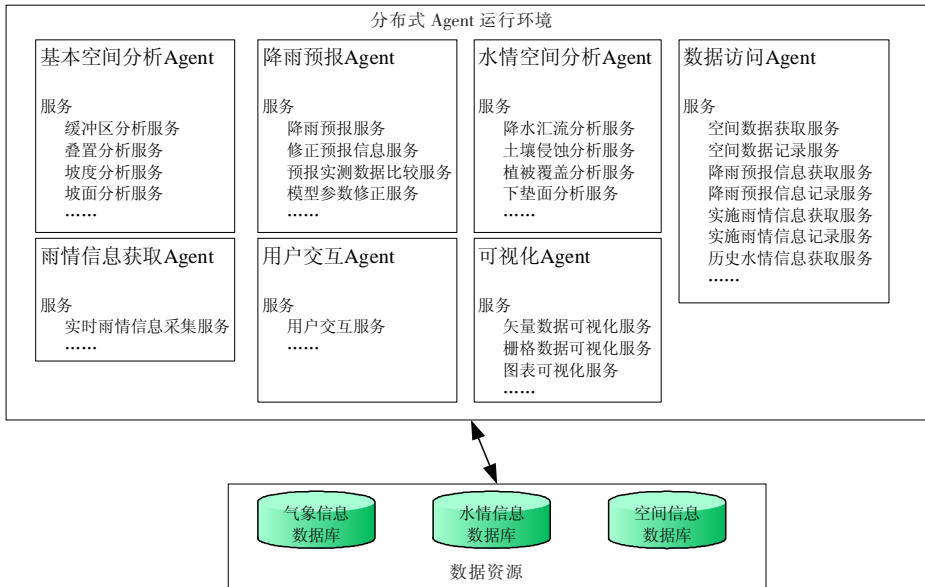


图7 功能 Agent 设计

4 实验

本文采用 JADE (Java Agent Development Environment)、ESRI Arc Engine 和多线程技术构建了一个实验原型系统,实现了对某流域的洪水预报分析模拟。

洪水预报是一个典型的协同空间分析应用,需要气象部门、水利部门、农业部门、林业部门等部门的协同合作。其内容涉及到多业务应用模型,多数据和多种功能之间的协同合作,以达到最佳的模拟和分析效果。这些空间模型和数据之间既相互独立,也相互关联和相互影响,交叉组织在一起,协同工作。实验原型系统的功能 Agent 设计如图 7 所示。

实验原型系统由中心 Agent 和功能 Agent 群构成。中心 Agent 是整个系统的协同控制中心,功能 Agent 群是实现具体功能模块的智能主体。功能 Agent 群由基本空间分析 Agent、降雨预报 Agent、水情空间分析 Agent、数据访问 Agent、用户交互 Agent 和可视化 Agent 构成。数据访问 Agent、用户交互 Agent 和可视化 Agent 为功能 Agent 群中的其他 Agent 提供基本的业务支持和结果可视化。降雨预报 Agent 提供某一时段的降雨量预报服务,并根据雨情信息获取 Agent 获的雨情数据进行对比,修正预报信息;降雨预报 Agent 的结果作用于水情空间分析 Agent,水情空间分析 Agent 通过基本空间分析 Agent 获取坡面分析结果,生成降雨汇流模型参数,辅助下垫面信息模拟演算降雨汇流数据;在数据的运算过程中,可以通过用户交互 Agent 对模型参数进行修改和选择,并可以通过调用可视化 Agent 服务观察数据运算的结果和任务进行的状态。

5 结论及展望

采用多智能主体技术进行协同空间分析,为空间决策支持提供了新的研究思路和方法,能够以更切合现实世界的方式进行计算机建模,同时也提高了软件的能力和效率。采用多智

能主体技术可以将一个大而复杂的问题分解为许多小而简单的问题;同时也可以使用多个 Agent 组成一个协作小组通过多 Agent 之间的相互协调各自行为,协商解决相互之间的矛盾,以达到共同完成特定的复杂任务。(收稿日期:2007年1月)

参考文献:

- [1] 罗英伟.基于 Agent 的分布式地理信息系统研究[D].北京:北京大学,1999.
- [2] Sycara K P.Multiagent systems[J].AI Magazine,1998.
- [3] Weske M,Vossen G,Mederos C B.Workflow management in geo-processing applications[C]//Proceeding of the ACM International Geographic Information System -ACMGIS '98,Washington,1998: 88-93.
- [4] 高勇.空间信息 workflow 模型研究[D].北京:北京大学,2003.
- [5] MacEachren A M,Brewer I,Steiner E.Geovisualization to mediate collaborative work:tools to support different-place knowledge construction and decision-making[C]//20th International Cartographic Conference,Beijing,China,August 6-10,2001.
- [6] Edsall R M,MacEachren A M,Pickle L J.Case study:design of assessment of an enhanced geographic information system for exploration of multivariate health statistics[C]//Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2001,San Diego,CA,2001.
- [7] 孙艳春.CSCW 系统系统结构模型的研究[J].小型微型计算机系统,2001(22).
- [8] 赵沁平.分布式虚拟环境 DVENET 研究进展[J].系统仿真学报,2000,12(4).
- [9] 王文俊.等城市空间信息及集成框架[J].计算机学报,2005,28(7).
- [10] 黄晓斌.基于 GeoAgent 的空间信息服务与应用集成研究[D].北京:大学,2002.