

一种面向 DVGE 的移动 Agent 计算模型

朱 军^{1,2} 龚建华¹ 林 琿¹ 李文航¹

(1 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室,北京市大屯路 3 号,100101)

(2 西南交通大学土木工程学院测量工程系,成都市二环路北一段 111 号,610031)

摘 要:讨论了移动 Agent 技术的特点及其在分布式虚拟地理环境(distributed virtual geographic environment, DVGE)中的应用优势,设计了混合式 Agent 控制结构,提出了一种移动 Agent 计算模型,并就移动 Agent 开发平台选择、动态路由控制策略、用户和共享资源管理等与原型系统实现相关的一些关键问题进行了讨论。

关键词:分布式虚拟地理环境;移动 Agent;混合式 Agent 控制模型

中图法分类号:P208

分布式虚拟地理环境(DVGE)是基于因特网的多用户虚拟三维环境,可用于发布地理多维数据,模拟和分析复杂的地理现象过程,支持可视和不可视的地理数据解释、未来场景预见、设计规划、协同工作和群体决策等^[1-3]。目前,文献[4-9]对多用户参与的 DVGE 进行了研究。为了解决复杂问题,通常把多个 Agent 组织起来,形成多智能体系统(multi agent system, MAS),在多个 Agent 之间以及 Agent 与环境之间通过通信、协商和协作来共同完成单个 Agent 所不能完成的工作。Agent 技术在地学领域已经开展了许多应用,如信息收集、仿真模拟、空间分析和推理、智能控制等。然而,传统基于 Agent 的分布式系统也存在一些缺陷,如威铭尧提出了 VGE 系统与多智能体系统结合的 4 种方法^[10];张小波等提出了一种建立动态群组的 Agent 协同模型^[11]。

1 移动 Agent 及其在 DVGE 中的应用优势

移动 Agent 是一种新型的 Agent 技术,与静态 Agent 不同,它能够在异构环境中自主地从一台主机迁移到另一台主机,并可与其他 Agent 或资源进行交互,代表用户完成指定任务^[12]。移动

Agent 计算与传统网络计算模式有着本质上的区别:① 移动 Agent 不同于远程过程调用,这是因为移动 Agent 能够不断地从网络中的一个节点移动到另一个节点,而且这种移动是可以根据自身需要进行选择的;② 移动 Agent 也不同于一般的进程迁移,因为一般来说,进程迁移系统不允许进程自己选择什么时候迁移以及迁移到哪里,而移动 Agent 却可以在任意时刻进行移动,并且可以移动到它想去的任何地方;③ 移动 Agent 更不同于 Java 语言中的 Applet,因为 Applet 只能从服务器向客户机作单方向的移动,而移动 Agent 却可以在客户机和服务器之间进行双向移动^[13]。所以,移动 Agent 应用于 DVGE 系统中具有如下优势^[13,14]:① 节约网络带宽,克服网络延迟;② 支持异步自主执行;③ 支持离线计算;④ 支持平台无关性;⑤ 具有较强的应变能力;⑥ 并行处理;⑦ 具有较强的健壮性和容错能力。

1.1 混合式 Agent 控制结构

MAS 的分布式协同控制结构可以分为集中式、对等分布式、混合模式三种。本文采用混合模式来实现 DVGE 系统的 MAS 协同控制,其结构示意图见图 1。控制模型中的 Agent 主要有分组 Agent、区域 Agent 和用户 Agent 三种。分组 Agent 位于中心服务器,负责用户登录、区域划分

和小区服务器指定。区域 Agent 主要位于各个小区服务器和中心服务器端,负责对其区域内的所有用户 Agent 及其共享资源进行管理,主要功能包括:① 维护用户 Agent 的功能信息库;② 对小区内的下属用户和共享资源进行管理;③ 进行信息维护与备份;④ 协同通信。用户 Agent 位于客户端,处于协同层次树的末端,管理本地资源与功能信息库,同时也负责处理任务请求,进行移动 Agent 初始化。

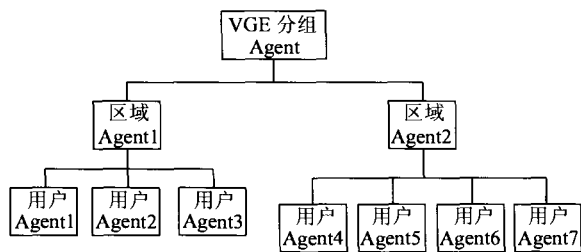


图 1 混合式 Agent 控制结构示意图

Fig. 1 Hybrid Agent Control Structure

1.2 移动 Agent 计算模型

在混合式 Agent 控制结构的基础上,本文设计的移动 Agent 计算模型如图 2 所示,主要由移动 Agent、Agent Host(宿主系统)、区域 Agent 等几部分构成。Agent Host 是移动 Agent 的支撑环境,存在 DVGE 系统的每个节点上,它不影响原有 DVGE 系统的功能,保持与 DVGE 系统兼容。用户 Agent 根据需求访问本地或区域 Agent 服务器的功能信息库和资源列表,进行任务求解和路由选择,自动创建任务应用移动 Agent,并转移到相应的宿主系统。由于 Agent Host 与资源存在同一节点中,Agent 对资源的访问只是同一系统中进程之间的通信,无需经过网络传送。区域 Agent 服务器是为了适应低可靠性网络和解决网络拥塞而设置的 Agent 转接系统,能够向 Agent 提供驻留服务,实现 Agent 的二次路由选

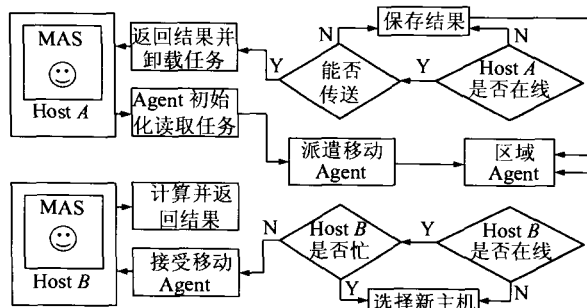


图 2 移动 Agent 计算模型

Fig. 2 Mobile Agent Based Computing Model

择以及均衡网络上的主机负载。移动 Agent 计算模型的主要工作流程如下。

1) 先对创建的 Agent 进行状态、知识库、约束条件等的初始化,将代表用户兴趣目标的特征矢量和匹配尺度写入 Agent 的知识库,并设置返回时间、站点停留时间、任务完成度等约束。

2) Agent 初始化后,根据路由策略将被派遣出去,假设第一站是 Host B,同时由区域 Agent 对 Host B 状态(是否在线与繁忙)进行检查,如果一切正常,接受移动 Agent;否则,选择新主机。

3) 移动 Agent 达到 Host B 完成计算任务后,Agent 保存相应的历史记录和当前状态后阻塞自身的工作,Agent 根据路由策略、约束条件、网络状态和服务器负载等条件决定下一步的行为(转移到下一站),并发出转移请求,得到同意后开始向新主机复制,复制完成后,向 Agent Host B 发送清除请求,进入休眠状态。重复以上过程,直到完成任务为止。

4) 任务完成后或到达返回时间时,首先检查网络的连通性,如果网络存在故障或负载太重,或用户没有启动 Agent Host A,那么 Agent 可以暂时驻留在区域 Agent 服务器上。Agent 转移到区域 Agent 服务器上后,服务器根据网络和自身的负载情况将 Agent 的部分或全部从内存卸载到硬盘上,并替代 Agent 监视其目的节点,一旦具备传送条件,就会激活 Agent,使其传送到目的节点。到达目的节点后,Agent 将搜索结果提交给用户,并将自身全部卸载,结束任务周期。

2 移动 Agent 计算模型在 DVGE 中的实现

2.1 开发平台选择

目前使用的移动 Agent 系统大致可以分为三类:① 基于传统解释语言;② 基于 Java 语言;③ 基于 CORBA 平台。移动 Agent 可以用任何语言编写(如 C/C++、Java 和 Python 等),并可在任何机器上运行,但考虑到移动 Agent 本身需要对不同的软硬件环境进行支持,所以最好在一个解释性的、独立于具体语言的平台上开发移动 Agent。Java 是目前开发移动 Agent 的一门理想语言,具有很好的跨平台特性。其中,Recursion 公司的 Voyager 是一个纯 Java 的分布式计算平台,可用来迅速生成高性能的分布式应用程序,是代表当前技术水平的一个优秀的移动 Agent 开发平台。

2.2 路由动态控制策略

用户 Agent 接到任务请求后,首先根据本地或区域 Agent 服务器的功能信息库进行任务求解,建立初始路由,在 Agent 实行任务过程中,根据虚拟地理环境中用户节点的变化动态调整路由路径,直到移动 Agent 完成任务。在整个过程中,本文把监测用户节点并对路由路径调整的任务交给区域 Agent 来负责,区域 Agent 服务器不仅向 Agent 提供驻留服务,同时还对用户节点进行监测,实现移动 Agent 的动态路由调整。其算法流程见图 3。

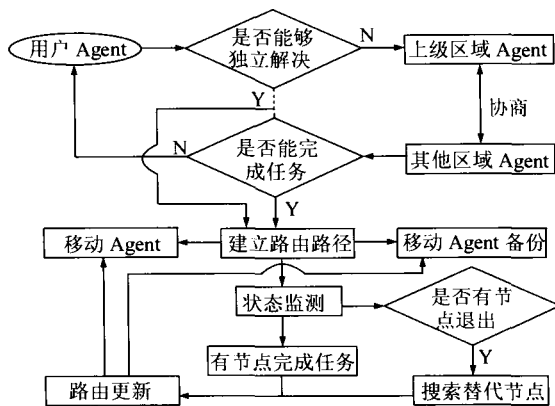


图 3 路由动态控制策略

Fig. 3 Mechanism of Dynamic Route Control

2.3 用户和共享资源管理

对于本区域内的所有用户 Agent,区域管理 Agent 提供注册服务,建立用户管理列表,用户管理表包括用户名、口令、用户 IP、资源访问列表等属性,以便实施对用户的管理,如表 1 所示。同时分析虚拟地理环境中基本的数据类型,如数字高程、遥感和图片数据、一维/二维/三维模型和对象数据、多媒体数据、交互数据、环境数据、系统管理数据以及应用专题数据等,根据不同的数据资源信息特征(如地理空间数据的内容、质量、条件、位置和其他特征)建立相应的资源标识来对数据和信息资源进行描述。在此基础上建立一个链表结构的资源访问列表,以便对小区内的共享资源进行有效的管理,链表的每个节点属性为资源标识。每个区域拥有一个用户管理列表。共享资源是每个区域内所有用户之间共享的资源,包括资源标识、资源内容、更新标志、更新用户名属性等,如表 2 所示。

3 应用案例

本文以黄土高原淤地坝坝系协同规划为应用

表 1 用户管理列表

Tab. 1 User Management List

用户	密码	IP 地址	信息 ID
Zhu	123	159.226.117.115	A1, B1, ...
Gong	abc	159.226.117.119	A2, B2, ...
Lin	ABC	159.226.88.22	A3, B3, ...

表 2 用户信息资源列表

Tab. 2 User Information List

信息 ID	CPU 速度/GHz	记忆尺寸/MB	带宽	其他信息
A1	2.4	512	10 M	...
A2	1.8	256	10 M	...
A3	2.0	256	512 kB	...

背景,使用 Java、Voyager 4.8、C++ 和 OpenGL 设计和开发了一个分布式协同坝系规划原型系统,其中对涉及到计算性能优化的算法使用 C++ 实现(如场景简化算法和一些应用计算模型),并封装成 DLL,通过 Java 本地方法来与 Java 语言进行交互,从而有效地集成移动 Agent 系统与坝系规划系统。

基本数据包括陕西省榆林市绥德县王茂沟流域的 DEM(1:1 万)及相应的 2.5 m SPOT 融合遥感影像,其他数据资料包括沟谷线、植被图等专题图、淤地坝 CAD 三维模型等。这些数据可能分布在不同的用户节点,且被注册成共享资源。在系统中,每一个用户都向中心服务器进行注册,中心服务器根据其 IP 地址进行分区,每一个区将有一个区域 Agent(如图 1 中的区域 Agent 1 和区域 Agent 2),用来管理本区的用户(如表 1)及用户信息列表(如表 2)。从表 1 和表 2 可以看出,用户 Zhu 能够充当小区 1 的服务器,且其区域 Agent 负责管理小区 1 的用户。

对于某一任务(如流域线提取),根据用户 Agent 请求,用户 Zhu 上的区域 Agent 会访问其功能信息库(流域线提取函数)和资源列表(地形数据),进行任务求解和路由选择,并生成任务应用移动 Agent(具有流域线提取功能),并派遣到相应数据服务器的宿主系统中执行任务(直接与本地数据进行交互操作)。采用移动 Agent 模式把计算移动到数据端,避免了大量的中间数据在网络通信两端的传输。表 3 是基于移动 Agent 计

表 3 移动 Agent 计算模式与 C/S 计算模式的性能对比测试结果

Tab. 3 Performance Comparison of Mobile Agent Based Computing with C/S Mode

计算模式	网络中传输的数据量	数据传输时间/ms	
		10 M 带宽	52 kB 带宽
移动 Agent 模式	29.9 kB	12.643	1.929
C/S 模式	2.863 MB	2.210	280.686

算模式与 C/S 计算模式的性能对比测试结果(数据值为 3 次测试的平均值)。从表 3 可明显看出,基于移动 Agent 的计算模型能够有效地减少在网络上传输的数据量,节约网络带宽和任务执行时间,它比普通 C/S 结构模式具有更高的性能,而且随着网络带宽的恶化,其效率对比将更加明显。图 4 是移动 Agent 返回流域线提取结果的一个用户显示界面。

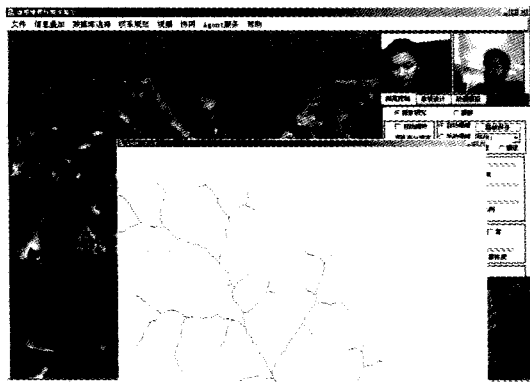


图 4 原型系统的用户交互界面

Fig. 4 User Interface of Prototype System

参 考 文 献

- [1] 龚建华,林琚. 分布式地学虚拟环境研究[J]. 中国图形图像学报, 2002, 6(9): 879-885
- [2] 龚建华,林琚. 虚拟地理环境——在线虚拟现实的地理学透视[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [3] 林琚, 龚建华, 施晶晶. 从地图到地理信息系统与虚拟地理环境——试论地理学语言的演变[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(4): 18-23
- [4] Maceachren A M, Brewer I. Developing a Concep-

tual Framework for Visually-enabled Geocollaboration[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2004, 34(1): 1-34

- [5] Dykes J, Moore K, Wood J. Virtual Environments for Student Fieldwork Using Network Components [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1999, 13(4): 397-416
- [6] 龚建华, 林琚, 谭倩. 虚拟香港中文大学校园的设计与初步试验[J]. 测绘学报, 2002, 31(1): 39-43
- [7] 李德仁. 数码城市: 概念、技术支撑和典型应用 [J]. 投资与合作, 2000(7): 254-257
- [8] 朱庆, 林琚. 数码城市地理信息系统——虚拟城市环境中的三维城市模型初探[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004
- [9] 高俊, 夏运钧, 游雄, 等. 虚拟现实在地形环境仿真中的应用[M]. 北京: 解放军出版社, 1999
- [10] 戚铭尧, 舒广, 池天河. 基于 Agent 多用户参与的协同虚拟地理环境[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(5): 1 092-1 095
- [11] 张小波, 成良玉, 钟闫禄. 建立动态群组的多 Agent 协同模型及应用[J]. 计算机应用, 2004, 24(Z1): 52-53
- [12] 刘广钟. Agent 技术及其应用[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2002
- [13] 李朝纯, 郭颂. 移动 Agent 系统的研究[J]. 武汉理工大学学报·信息与管理工程版, 2004, 26(1): 38-41
- [14] 张云勇, 刘锦德. 移动 Agent 技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003

第一作者简介: 朱军, 博士生。现主要从事地理信息系统和虚拟地理环境研究。

E-mail: Vgezi@163.com

A Mobile Agent Computing Model for DVGE

ZHU Jun^{1,2} GONG Jianhua¹ LIN Hui¹ LI Wenhong¹

(1 State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, 3 Datun Road, Beijing 100101, China)

(2 School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, 111 Beiyi Section, Erhuan Road, Chengdu 610031, China)

Abstract: The technology features of mobile agent and its application advantages in DVGE are addressed, a hybrid control structure is build and a MA-based computing model is put forward. Some key problems of implementing the prototype system such as choosing development platform, dynamic routing control, and users and sharing resources management, are discussed.

Key words: distributed virtual geographic environment; mobile agent; hybrid agent control model