

# Agent 技术在地理信息领域中的作用

Agent Technologies for GIS

黄晓斌 李 琦

(北京大学数字地球工作室 遥感与 GIS 研究所 北京100871)

**Abstract** Although object-oriented methodology is the most popular methodology of software design in GIS fields currently, its core concept object has some limits in distributed environment. This paper proposes that some inherent properties and additional properties of Agent can be used to overcome these limits of object, and bring a new methodology to the design pattern and development pattern of distributed applications in GIS fields. The concepts and effects of several relative Agent technologies are presented as well, including Mobile Agent, Assemble-on-Demand Agent, and Wrapper Agent.

**Keywords** Agent, Object, Mobile agent, Assemble-on-demand agent, Wrapper agent

## 0. 引言

目前,地理信息领域的软件研发主要是采用基于面向对象的方法,不可否认,面向对象方法的出现和发展曾经极大地推动了地理信息领域的快速发展。然而,随着网络化进程的进一步加快、分布式应用的不断增加和用户对系统要求的进一步提高,原有基于对象的方法已经不能很好地满足当前地理信息系统技术在分布式网络环境下的应用要求。

这种情况的出现与对象固有的特性有着紧密的关系。首先,虽然对象可以通过接口向外输出自身的功能,但是在对象的交互过程中,对象是不能移动的。这种模式在很大程度上约束了作为处理单元的对象在分布式网络环境下的灵活性,导致了被处理数据、中间处理结果和大量交互信息的网络传输,而在地理信息领域,往往需要处理的数据是大量、甚至是海量的,因此对象的不可移动性将导致网络负载的急剧增加;其次,对象通常采用被动调用的模式,自身缺乏良好的主动性和适应性,无法很好地适应高度动态的网络环境;最后,对象之间缺乏良好的协作模式,比较难以高效地完成一些复杂的任务。

为了解决这些问题,本文将在地理信息领域中引入人工智能领域智能体 Agent 的理念,并通过 Agent 的固有属性和可扩展属性来有效地克服对象的上述不足,力求为分布式网络环境下各种地理信息应用系统的设计和实现提供更为有效的思维模式和方法。

## 1. 智能体 Agent

智能体 Agent 技术是 IT 领域当前的一个研究热点,有关的研究工作方兴未艾。随着有关 Agent 的研究在各个领域的逐步深入,来自不同研究领域的研究人员根据自己的知识背景和领域中需要解决的问题,从不同角度赋予了 Agent 各种不同的内涵。其中,来自 Patie Maes 的定义是比较有代表性的:“自治 Agents 是存在于复杂的动态环境,能够自主地感受和作用于这个环境,从而到达一组设计目标或完成相应任务的计算系统”<sup>[1]</sup>。

一般的,可以把一个具有一定目的,能够在分布式环境中独立自主、持续运行的计算实体称为 Agent。通常情况下,Agent 都具有以下几个主要特点<sup>[2~4]</sup>:

**自主性** Agent 一般都具有自己的资源和局部于自身的控制机制,能够在没有外界直接操纵的情况下,根据自身的内部状态以及感知到的外部环境信息,决定和控制自身的行为;

**反应性** Agent 能够感知到其所在的外部环境(包括用户交互界面、实际的物理环境以及该环境中其它的 Agent 等),并能够针对一些特定的事件作出相应的反应;

**交互性** Agent 能够与其它对象(包括其它 Agent 或者用户等)以特定的语言进行各种各样的交互,也能够和其它 Agent 一起协同工作,有效地完成各种层次的任务;

**主动性** Agent 能够遵循其承诺采取主动行动,表现出面向目标(包括静态目标和动态目标)的行为。

根据 Agent 的这些特点,可以用图1来抽象地描述其行为。

在上述特性中,FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents)组织和对象管理组织 OMG 等组织都认为自主性、反应性和交互性是 Agent 基本和必须的属性<sup>[5]</sup>。

利用 Agent 的这些固有属性将能够较好地克服对象的不足之处,使得 Agent 技术更适合于在分布式网络环境下地理信息应用系统的设计和实现,这主要体现在以下方面:

**更好的主动性和适应性** Agent 能够以目标为导向,一旦接受某个目标,就尽可能采用最佳的方法来实现该目标。并在实现目标的过程中,不断地感知所处环境的一切变化,根据这些变化做出各种相应的调整,以适应动态变化的环境,并确保以最有利的模式实现最终目标,而不再象对象那样仅仅是被动地等待调用;

**更为灵活的交互和协作模式** 相对于对象,Agent 之间有着语义更丰富的通信语言(Agent Communication Language),以满足 Agent 在分布式网络环境下的交互;此外,Agent 之间还拥有更为灵活有效的协作模式以确保 Agent 之间能够通过相互协作,在分布式网络环境下高效完成相对复杂的任务。协作模式主要包括结构化组织模式、合约模式、多

黄晓斌 博士生,主要研究领域为空间智能体 GeoAgent,空间信息科学与技术。李 琦 教授、博士生导师,主要研究领域为空间信息科学与技术、数字地球、数字城市。

Agent 规划模式和协商模式等<sup>[6]</sup>;

除了这些基本属性, Agent 技术在各个领域的研究过程中派生出了很多可扩展的属性, 以及相应的 Agent 技术, 如可移动属性和相应的可移动 Agent 技术。在众多的可扩展属性及其相应的 Agent 技术中, 有不少能够用来克服对象的局限性, 为分布式网络环境下地理信息应用系统的设计和实现带来新的思维模式和有效的方法, 这主要包括可移动 Agent 技术、按需装配 Agent 技术和包装 Agent 技术等, 下面详细介绍这三项技术。

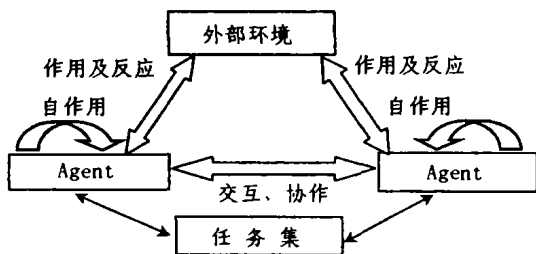


图1 Agent 的行为

## 2. 可移动 Agent 技术

简单地说, 可移动 Agent (Mobile Agent) 就是一个能够在执行过程中根据需要, 按照一定的迁移机制, 在异构网络中自主地从一台主机迁移到另一台主机持续运行的计算实体。这种 Mobile Agent 和一般 Agent 最大的不同是能够在网络上到处迁移, 在迁移的过程中根据用户要求或者面对的任务完成各种工作。在这一过程中, 它除了携带有关的可执行代码之外还携带着有关的内部状态信息和数据。

Mobile Agent 是 Agent 中的一种, 它除了具备一般 Agent 所具有的共同特性之外, 还具有以下几个主要特点:

**可移动性** Mobile Agent 能够在某一台机器上暂停执行, 然后根据程序、用户的要求或者在动态决定迁移路线之后在网络上由一台机器迁移到另一台机器上再次运行;

**持续性** 在 Mobile Agent 迁移和执行的过程中, 其状态信息是持续的;

**离线计算** 即使用户派出 Mobile Agent 后离开网络, Mobile Agent 也能继续执行分配给它们的任务, 并能在用户重新入网后把相应的执行结果适时地反馈给用户。

Mobile Agent 的以上特点使得基于 Mobile Agent 的系统将能够更好地适应分布式、动态变化的网络环境, 为分布式网络环境下地理信息应用系统的设计和实现带来极为重要的意义, 这主要体现在以下几个方面:

- 在地理信息领域中, 地理信息的处理和分析过程往往要涉及到大量的地理数据, 在基于对象的系统中, 由于对象不能在网络上迁移, 将导致大量地理数据的网络迁移, 不但效率很低, 还极大地浪费了网络资源。而 Mobile Agent 的迁移特性将使得地理信息的处理和分析能够在尽量靠近数据源的地方进行, 实现由大量地理数据的网络传输转为少量处理单元的网络迁移, 极大地降低网络带宽的要求, 提高了效率;

- 随着离线计算和移动计算研究的进一步深入和推广, 地理信息系统在移动环境中的应用正逐步受到人们的重视。但是, 由于目前较低的移动网络带宽和较差的设备性能, 地理信息系统在该领域中的应用受到了极大的限制。而 Mobile Agent 的离线计算模式由于无需长时间的网络连接, 极大地降

低了对网络带宽及通讯设备质量的要求, 为地理信息系统技术在无线领域中的应用带来新的应用模式和机遇;

- 能够优化网络和计算资源, 更好地达到负载均衡; Mobile Agent 基于规则的智能化移动策略能够优化路径, 降低网络延时<sup>[7]</sup>; 而且, Mobile Agent 的迁移特性使其能够尽量避免在负载很重的节点上执行操作, 而是尽可能迁移到负载较轻的节点上去执行, 从而智能地实现良好的负载均衡。

## 3. 按需装配 Agent 技术

在绝大多数基于 Agent 的系统中, 通常都把系统内的 Agent 进行分类, 并为不同类型的 Agent 赋予不同的角色和与该角色相对应的功能。这种做法的不足之处是各种类型的 Agent 一旦被创建, 其功能就被固定下来了, 并且在其生命周期中不能有任何的改变, 这在很大程度上限制了 Agent 性能的发挥, 在高度变化、动态的分布式环境下尤其如此。因为, 当这种角色和功能相对固定的 Agent 在动态变化的环境中遇到事先没有考虑到的情况时, 将无法通过改变自己的角色以及相应的功能来动态地解决问题。为了避免这种情况的发生, 赋予 Agent 更大的灵活性, 可以采用按需装配 Agent 来解决问题。

简单地说, 按需装配 Agent (Assemble-on-demand Agent) 是一种能够在运行过程中根据系统当时的需求动态地加载相应功能模块, 实现自我功能动态增强, 更好地完成任务的 Agent<sup>[8]</sup>。这种 Agent 的行为可以由图2来描述。

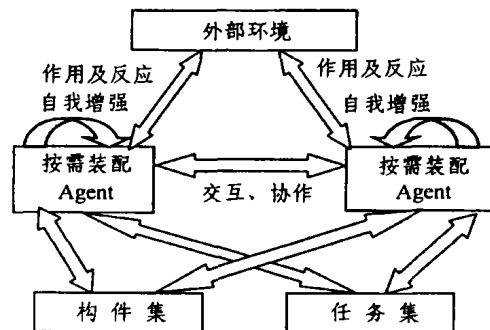


图2 按需装配 Agent 的行为

按需装配 Agent 的特点和优势主要体现在以下几个方面:

- 能够实现功能的及时、动态扩展, 优化网络、计算等资源的配置;
- 为动态环境下复杂问题的解决提供了灵活、有效的模式;
- 具有良好的可扩展性(包括系统升级和扩展);
- 为构件(处理单元)的共享和互操作提供了新的模式。

对于 Mobile Agent 来说, 采用按需装配的机制除了会带来以上的一些优势之外, 还可以达到减少迁移代码量、降低对网络带宽和性能的要求以及加快迁移过程中打包和解包的过程等效果。

分布式地理信息系统是地理信息领域当前的一个主要研究热点, 在该领域中引入这种能够按需装配的 Agent, 将极大地提高地理信息系统在分布式环境下处理问题的能力和灵活性, 使得提供更高层次的、面向某一类问题的分布式地理信息服务成为可能。

例如就地理数据访问这个问题而言, 由于地理数据存在

多种类型,通常不同的数据类型都有各自相对独立的访问模块或者构件,为了在系统中实现对各种不同地理数据的访问,系统的开发人员需要显式地配置和利用各种数据访问构件,其可扩展性和灵活性并不高。而采用按需装配 Agent 技术,则可以以 Agent 作为数据访问服务的载体,较为智能地解决地理数据访问这一类问题。

在这种模式下,针对不同地理数据格式的访问构件将被注册到构件管理器中,而 Agent 将自主地在需要访问不同类型的地理数据时,动态加载相应的数据访问构件以访问地理数据。并对用户屏蔽掉针对不同地理数据格式需要采用不同访问方法的事实。其工作过程如图3所示,具体如下:

①当按需装配 Agent 在地理数据所在地通过元数据了解到地理数据的类型后,该 Agent 将根据数据类型等信息向系统的构件管理器提交构件加载申请;

②系统的功能构件管理器根据请求返回相应功能构件的构件基地路径;

③按需装配 Agent 根据返回的基地路径利用自身的构件装载器动态地将该功能构件加载到本地;

④按需装配 Agent 通过加载到本地的功能构件完成对地理数据的有效访问。

其中,构件基地负责存放能够被按需装配 Agent 动态装载的各种构件,系统中的构件基地可以有多个,这些基地的构件都按照一定的模式在构件管理器处进行登记注册,从而形成了系统逻辑上的完整构件库。而构件管理器就相当于一个系统构件的元数据管理者,主要存放着构件能够解决的问题及其所在构件基地的网络路径等信息。

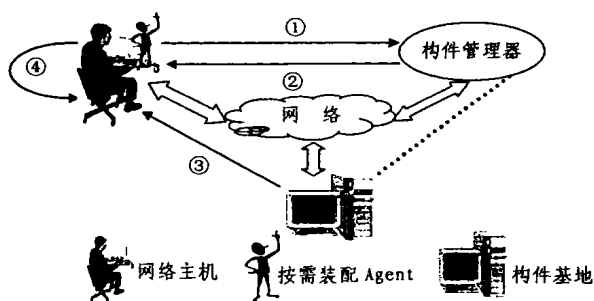


图3 按需装配的实现过程

这种模式的优势主要体现在:

- 无需开发人员和用户的过多干预,只要把访问不同格式地理数据的构件按照规定注册到构件管理器中即可;

- 较好的智能性和优化的资源配置,提供地理数据访问服务的 Agent 无需把针对各种数据类型的构件都绑定在自己身上,只是在需要某种特定功能构件时才通过动态加载来获得,具有良好的智能性和灵活性,也实现了网络资源和计算资源的优化配置;

- 具有良好的可扩展性,如果系统想扩展对某种新数据类型的访问,只要在系统的某个构件基地中增加相应构件,并把该构件注册到构件管理器中就可以了,无需对 Agent 本身作任何的改动;

- 能够解决现有地理信息系统中存在的一些问题,如元数据信息不一致问题等。例如,某 Agent 通过某元数据库了解到需要访问的是 Shp 格式的异地数据,但是当该 Agent 带着相应的访问构件迁移到数据所在地后发现有关数据已经被放入到 Oracle 数据库之中,此时,该 Agent 可以通过重新加载

读取 Oracle 数据库的功能构件来完成既定的目标,而不是简单地返回错误信息。

#### 4. 包装 Agent 技术

包装 Agent (Wrapper Agent) 是指对非 Agent 系统进行包装,使得该非 Agent 系统能够和基于 Agent 的系统进行沟通和交互的一类 Agent。这类 Agent 能够作为 Agent 系统和非 Agent 系统之间的桥梁,使得很多历史遗留系统能够基于 Agent 的新型系统并存。随着地理信息领域基于 Agent 的应用系统的不断增加,包装 Agent 的作用将越来越突出。

包装 Agent 在地理信息领域的作用主要体现在以下两个方面:

(1) 作为 Agent 系统和非 Agent 系统的桥梁 地理信息领域已经发展了几十年,留下了极有利用价值的系统和资源,包装 Agent 技术使得这些遗留系统能够基于 Agent 的系统互补共存,也为重新构建的 Agent 系统充分利用原有的系统和资源提供了一个良好的途径;

(2) 作为不同地理信息系统之间沟通和协作的途径 目前,多数地理信息系统之间并没有良好的沟通机制。以作为地理信息领域当前研究热点的 WebGIS 为例,不同的 WebGIS 系统之间缺乏有效的沟通和协作机制,基本处于相对孤立的状态。譬如存在两个 WebGIS 系统,系统 A 基于 Autodesk 公司的 MapGuide,而系统 B 基于 Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map,如图4所示。

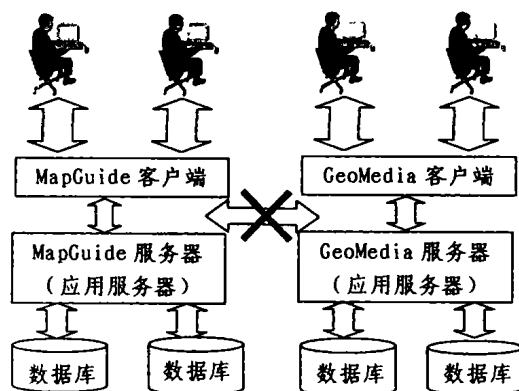


图4 WebGIS系统之间相对孤立的状态

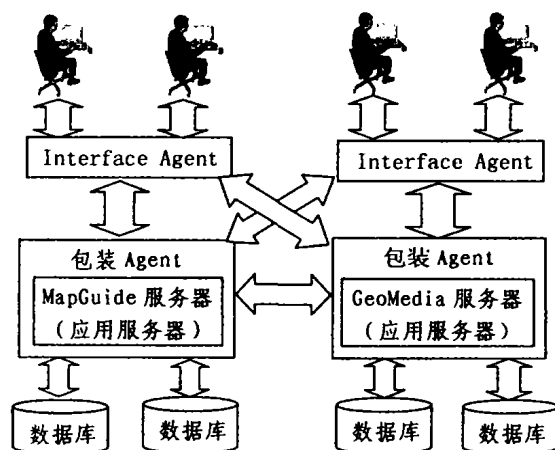


图5 WebGIS系统之间采用包装 Agent 后的状态

系统 A 的用户为了能够与 MapGuide 服务器打交道,需

(下转第98页)

吐量0.368。这是因为系统在同一时隙有  $M$  个可用的多重码分信道,用户能成功发送的帧数也多了。当  $G=M$  时  $S$  达到最大值,一旦  $G>M$ ,系统将会变得不稳定。因此,随着码分信道数量的增加,系统的稳定工作区域也增大。同时,由图4可见,随着码分信道数量的增加,单个码分信道的最大吞吐量均为0.865,大于 Slotted ALOHA 的最大吞吐量。当  $G=M$  时  $S$  达到最大值,因为随着码分信道数量  $M$  的增加,系统的总负载  $G$  分配到每个码分信道的网络负载  $G/M$  均减小,每个码分信道的系统稳定工作区域也增大。

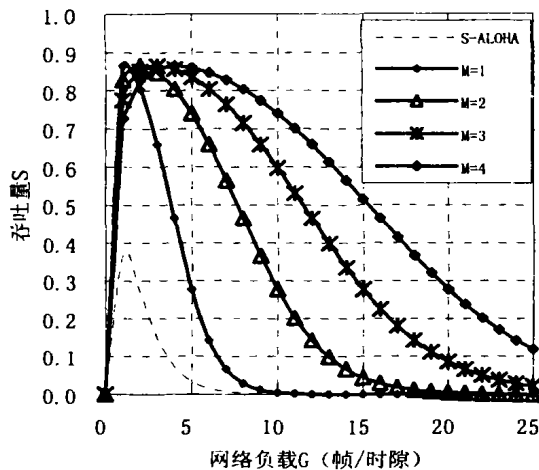


图4  $M$  对单个码分信道吞吐量的影响 ( $P_{da}=0.1$ )

**总结** 本文提出一种适用于 HFC 网络上行信道的多重码预约 Slotted ALOHA MAC 协议,通过建立一个四状态马尔可夫链模型,对这种随机接入协议进行了吞吐量和接入时延的性能分析,最后给出实验结果。结果表明,它具有 CDMA 和 Slotted ALOHA 的综合特性,能得到较高的频带利用率,使原有的 Slotted ALOHA 的吞吐性能得到改善;并且给出了

数据帧长度,多重扩频码数等参数对系统性能的影响。

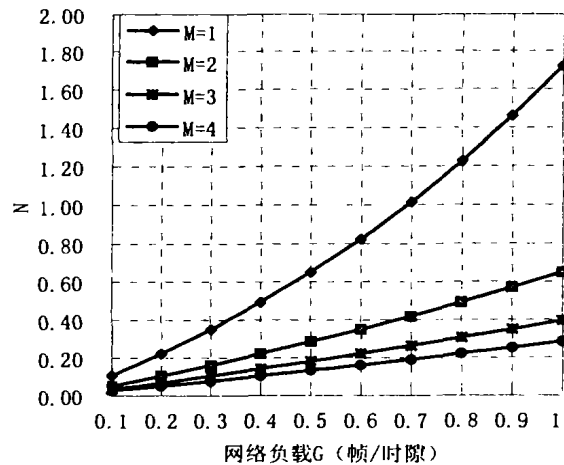


图5 预约申请信号的平均重复次数  $N$

## 参考文献

- 1 Limb J O, Sala D. A protocol for efficient transfer of data over fiber/coax systems. IEEE Trans. on Networking, 1997, 5(6)
- 2 Wai S L, et al. Hybrid fiber-coax systems. SPIE Proceedings, 1995. 23~25
- 3 LAM S S. Packet switching in a multi-access broadband channel. Dept of Computer Science, UCLA, April 1974
- 4 Lam S S. Packet broadcast networks-a performance analysis of the R-ALOHA protocol. IEEE Trans Comput July 1980, C-29: 596~603
- 5 Wolters R P C. An initialization protocol for a CDMA based communications scheme for HFC/CATV networks. IEEE Trans. 1997, 43(3): 329~339

(上接第115页)

要在客户端安装 MapGuide 的控件。同样,系统 B 的用户也需要安装 GeoMedia 的客户端控件。但是安装了 MapGuide 客户端控件的用户并不能利用该控件与 GeoMedia 服务器进行沟通,如果该客户希望与 GeoMedia 服务器建立联系,他还需要再安装 GeoMedia 的客户端控件;反之亦然。而且,MapGuide 服务器和 GeoMedia 服务器也无法建立沟通,并在功能上取得互补,这使得 WebGIS 系统之间处于一种孤立的状态。

而包装 Agent 的使用将可以打破这种孤立状态,不但用户可以通过界面 Agent 与封装了 MapGuide 服务器或 GeoMedia 服务器的包装 Agent 进行沟通,MapGuide 服务器与 GeoMedia 服务器之间也能够通过包装 Agent 实现相互间的沟通与协作,如图5所示。

**结束语** 本文阐述了如何利用智能体 Agent 的各种固有属性和可扩展属性来克服传统的面向对象方法中对象的不足之处,重点分析了可移动 Agent 技术、按需装配 Agent 技术和包装 Agent 技术在分布式地理信息领域的优势和主要作用,并为分布式网络环境下各种地理信息应用系统的设计和实现提供更为合理的思维模式和有效的方法。

此外,值得一提的是,在利用 Agent 技术解决分布式地

理信息领域中的实际问题时,通常都不会利用单个 Agent 来完成所有的任务,而是通过多个 Agent 之间的交互和协作,即采用多 Agent 系统的模式来实现的。

## 参考文献

- 1 Maes P. Artificial life meets entertainment; life like autonomous agents. Communications of the ACM, Vol38, No11, 1995, 38 (11): 108~114
- 2 王怀民. Agent 技术与分布计算技术. 计算机世界, 1998. 1. 26
- 3 周立柱, 赵洪彪. Internet 环境中的软件 Agent. 计算机科学, 1999 (3): 24~28
- 4 刘弘, 曾广周, 林宗楷. 软件 Agent 的构筑. 计算机科学, 1998(2) 24~28
- 5 OMG Agent SIG. Agent Technology Green Paper, Version 1.0, Object Management Group, <http://www.objs.com/agent/index.html>, 2000
- 6 Carbonell J G, Siekmann J. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, 1996
- 7 马俊涛, 刘积仁. Mobile Agent 体系结构及关键技术探讨. 小型微型计算机系统, 1998(2): 7~14
- 8 黄晓斌. 空间智能体研究. [北京大学博士生论文选题报告]. 2001