

# Geo-Agents 系统中的合作与并行分析<sup>\*</sup>

Analyzing Collaboration and Parallel in Geo-Agents

罗英伟 高朝华 汪小林 许卓群

(北京大学计算机科学与技术系 北京 100871)

**Abstract** Geo-Agents is an agent-based distributed Geographic Information System (GIS). Collaboration and parallel are intrinsic features of multi-Agent system. In this paper, collaboration and parallel in Geo-Agents are explored and analyzed. In Geo-Agents, collaboration is embodied in two aspects: collaboration among interface Agents and collaboration under the control of interface Agent, and parallel is performed by GIS function Agent, which is implemented as three modes: isomorphic cooperative parallel, heterogeneous cooperative parallel, mutually exclusive parallel.

**Keywords** Geo-Agents, Agent, Collaboration, Parallel

## 1 前言

Geo-Agents 是一个基于 Agent 的分布式 GIS 原型系统(如图 1 所示)<sup>[1]</sup>。系统由 Facilitator、接口 Agent、GIS 功能 Agent 和 GuServer 等四种 GIS Agent 组成。其中, Facilitator 是系统管理 Agent, 主要承担全局管理和协调功能; GIS 功能 Agent 对分布式 GIS 系统中的空间分析或查询功能进行封装, 具有响应外界请求, 完成不同数据要求的同一类空间分析或查询功能, 并可以利用 Agent 间的统一通信机制返回查询结果; 接口 Agent 是用来与用户交互、完成用户指定任务的, 是

一种可以表现一定智能的 Agent: 它们接受用户空间分析及查询任务, 进行任务分解, 利用 Agent 间的统一通信机制交由 GIS 功能 Agent 完成, 并利用 GIS 功能 Agent 返回的结果完成用户指定的计算, 返回最终结果; GuServer 是地理空间数据访问服务器, 它管理空间数据库中存放的地理空间数据以及相关的元数据。

在 Geo-Agents 系统中, 每个 GIS Agent 由五部分组成: 控制子系统、功能子系统、通信子系统、数据资源和人机界面。它是一种反应式 Agent, 它不仅能够独立自主地完成自己的任务, 而且还能与其他 Agent 相互通信, 交换信息, 进行合作。

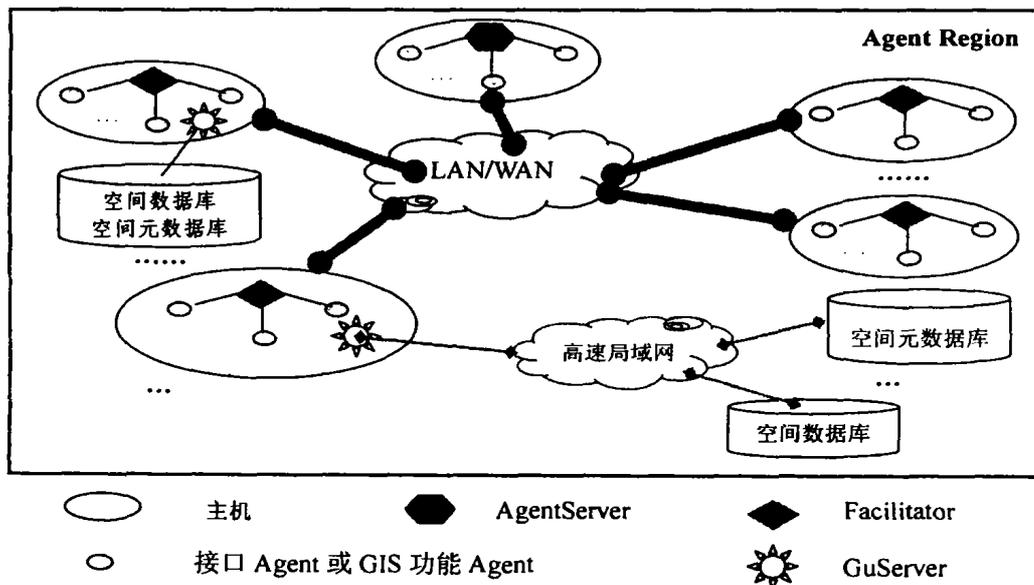


图 1 Geo-Agents 系统

Geo-Agents 系统采用“Agent Region”的方式来管理分布在网络上的 Agent。每一个 Agent Region 由一台或多台主机组成, 每台主机上都安装了 Facilitator 及一系列其他 Agent, 这些分布的 Facilitator 一起协作管理着整个系统内各

Agent 的正确运行, 并对系统进行分布控制。在一个 Agent Region 中, 有且仅有一台主机上的 Facilitator 将被配置为 AgentServer。Facilitator 用来管理和协调一个 Agent Region 内的 Agent, 而 AgentServer 则除了具有 Facilitator 的功能之

<sup>\*</sup> 本课题得到国家自然科学基金(60073016、60003005)、北京市自然科学基金(4012007)和博士后科学基金资助。罗英伟 博士, 主要研究领域为分布式计算、软件 Agent 及 GIS。汪小林 博士后, 主要研究领域为构件技术、软件 Agent 及 GIS。许卓群 教授、博士生导师, 主要研究领域为科学计算可视化、并行计算、人工智能及 GIS。

外,它还能用来管理和协调不同 Agent Region 中的 Agent,也就是说,一个 Agent Region 中的 Agent 只能通过 AgentServer 访问同一个或另一个 Agent Region 的 Agent,当然,这种访问不是随意的,需要有目标 Agent Region 的授权。

合作和并行是多 Agent 系统的特点,本文对 Geo-Agents 系统中的合作和并行策略进行了分析和探讨。在 Geo-Agents 系统中,合作主要体现在两个方面:接口 Agent 间的合作以及在接口 Agent 控制下的合作;并行则主要是依靠 GIS 功能 Agent 来完成,可以分为三种类型:同构合作并行、异构合作并行以及互斥并行。

## 2 Geo-Agents 系统中的合作

在人类社会中,个体之间存在着一定联系,正是这种联系把一个人的集合变成了人类社会,把一个单一的人变成了一个具有社会属性的人。Agent 系统也是如此,几个 Agent 简单地堆放在一起永远是几个独立的个体,只有相互协调合作才能构成一个能够完成更多更复杂任务的完整的系统<sup>[2,3]</sup>。

Geo-Agents 系统目标就是构造一种类似于人类社会的多 Agent 系统,因此,必须在 Geo-Agents 系统中引入合作机制。Geo-Agents 系统中的合作主要有两种:接口 Agent 间的合作以及在接口 Agent 控制下的合作。

### 2.1 接口 Agent 间的合作

#### 2.1.1 接口 Agent 间的合作形式

接口 Agent 之间的合作是在 AgentServer 的协调下完成的。这种合作有三种形式:

(1)对等组合作。多个接口 Agent 形成一个接口 Agent 组,每个组成员都有相同的任务,但各自都只能完成其中的一部分,组中所有组员独立完成的结果组合在一起就形成了整个任务的结果。对等组合作中组内各成员都是平等的,它们各自都将自己独立完成的结果发送给同组成员,最后在每个组内都形成任务的最终结果(如图 2 所示)。

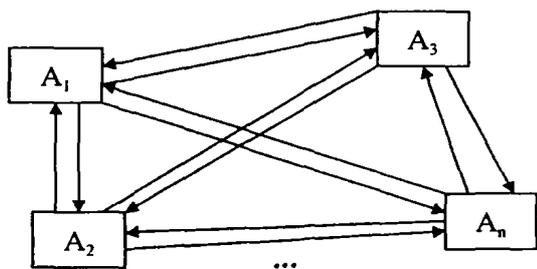


图 2 对等组合作

(2)主从组合作。和对等组合作一样,主从组合作中每个组成员都有相同的任务,但组内有一个组长,其他的是组员。各组员都只能完成任务中的一部分,组长则等待所有组员独立完成的结果,然后将所有结果进行汇总,得到任务的最终结果,最后再将结果返回组内其它成员(如图 3 所示,其中 A 是组长)。

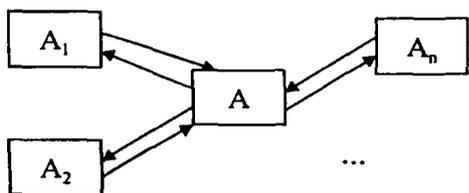


图 3 主从组合作

(3)直接合作。一个接口 Agent 在运行过程中需要其它接口 Agent 的运行结果(如图 4 所示)。

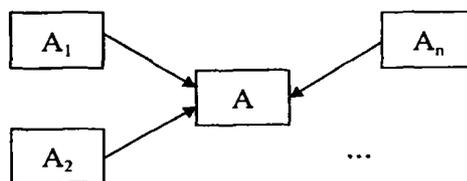


图 4 直接合作

#### 2.1.2 合作的限制条件

在 Geo-Agents 系统中,接口 Agent 的合作并不是任意的,它是在一定的限制条件下进行的:

- 合作是在一定的时间、一定的范围内进行的,如在一个 Agent Region 内进行;
- 对于组合作,组内每个成员只能与其他组成员交互一次;而直接合作则没有这个限制;
- 组合作时每个组成员的任务都相同,它们的结果类型都是一样的;
- 在每一次组合作过程中,合作组成员的个数是预先确定的,即组员不能动态增加与删除;
- 组合作中每个接口 Agent 与其它接口 Agent 交互时,必须等到其所有合作者都加入后方可进行。

#### 2.1.3 接口 Agent 实例及合作组的命名

在 Geo-Agents 系统中,接口 Agent 之间的合作是由用户在二次开发时,利用 GeoScript 语言在描述任务时显式地表达出来的。接口 Agent 的合作描述是通过其实例的名字和所在合作组的名字以及 GeoScript 中的合作控制语句来完成的,并通过名字来相互确定合作对象<sup>[4]</sup>。在同一个合作范围内,通常要发生多个合作,因此,为了保证接口 Agent 间的合作能够顺利完成,必须在该合作范围内保证接口 Agent 实例及合作组的命名的唯一性。目前,在 Geo-Agents 系统中,这种唯一性是通过人来控制的,这是因为接口 Agent 的合作是一种高层次的面向用户任务的合作,合作的发生都是通过人事先设计的。

### 2.2 在接口 Agent 控制下的合作

在 Geo-Agents 系统中,一个接口 Agent(实例)接收到一个复杂任务后,可以按照一定的组织关系将各 GIS 功能 Agent(实例)组织起来,协作完成这一 GIS 任务,这种组织关系就是统一在该接口 Agent 下的层次合作关系(如图 5 所示)。

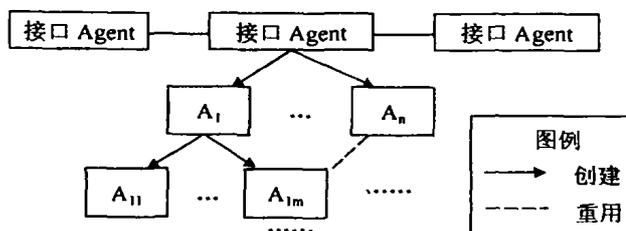


图 5 统一在接口 Agent 下的层次合作关系

这种层次关系与人类社会中机构的设置是相似的,参与完成该任务的不同 Agent 将有着不同的身份地位。接口 Agent 实例处在这个层次关系的最上层。上层创建下层,下层对上层负责。处于同一层次隶属于同一个父 Agent 的不同子 Agent 可以顺序执行,也可以是并行。

在层次合作关系模型中:

- Facilitator/AgentServer 在整个系统中充当协调者的身份。
- 处于上一层次的 Agent 将任务分配给下一层次的 Agent;
- 处于下一层次的 Agent 将任务完成结果返回上一层次的 Agent;
- 除了重用外<sup>[4]</sup>,处于不同层次上的 Agent 之间没有直接关系;
- 除了重用外,处于同一层次隶属于不同 Agent 的 Agent 之间没有直接关系。

### 2.3 合作的可信保证

当一个合作者没有加入(启动)或因故中途退出(任务失败)时,应该能够保证其它合作者能够察觉此事,并结束合作。Geo-Agents 系统中采取“时间限制法”来解决这个问题,即每次合作都限定在一定的时间内进行的,如果超过这个时间,每个合作者都将自行终止自己,此次合作失败。为了提高效率,使失败的合作尽快结束,针对后一种情况,则让中途退出的合作者在退出前给每一个其它合作者发一个失败结束消息,其它合作者在接到该消息后立即结束各正在进行的操作,然后再终止自己。

## 3 Geo-Agents 系统中的并行

从并行的角度来看,Geo-Agents 系统是一种机群并行系统<sup>[5]</sup>。Agent 系统中的最小执行单元是 Agent,并行子任务是要依靠 Agent 去完成的,因此,基于 Agent 的并行是一种大粒度的并行。在 Geo-Agents 系统中,参与并行的主要是 GIS 功能 Agent,其并行可以分为三种类型:同构合作并行、异构合作并行以及互斥并行。

(1)同构合作并行 并行的 Agent 的类型是相同的,它们各完成大任务的一个子任务,汇总各并行的 Agent 的结果,就是该大任务的最终结果。合作并行又分两种情况,一种是每个 Agent 所处理的数据资源各不相同;另一种是每个 Agent 都针对同一数据资源的不同部分进行处理。

(2)异构合作并行 这种并行和同构并行相类似,只不过并行的 Agent 的类型各不相同。

(3)互斥并行 并行的 Agent 的类型是相同的,它们都是为了完成一个相同的任务,只是各自的处理的数据资源各不相同,并且其中有的会成功,有的会失败,当然事先并不知道。任务的结果只需要取其中的一个成功返回结果即可。一旦有一个 Agent 返回成功的结果,则其他尚未完成任务的 Agent 都可以强制结束。如果所有 Agent 都失败了,则整个任务也就失败了。

尽管并行是 Agent 系统的一个主要特点,但是在 Geo-Agents 系统中,如何根据实际应用构造 GIS 功能 Agent 以支持 GIS 中的并行,是一个值得深入探讨的问题<sup>[4]</sup>。

在 Geo-Agents 系统中,地理空间数据是既分布又集中的。一方面地理空间数据由于地理空间范围大,并且内容多,往往是根据不同的地理空间范围、不同的内容,从而导致地理

空间数据分布在不同的地方,地理空间数据的分布性是地理空间数据的本质特征。另一方面,对于一个地理空间数据库来说,地理空间数据又相对集中,往往完成一个任务所需的地理空间数据处于同一个地理空间数据库中。

地理空间数据的分布性一方面给地理空间数据的操作带来了不便,因为一个空间操作往往要用到多方面的数据;但另一方面由于数据的分布性,空间分布功能不仅可以利用 Agent 在不同的主机上同时进行,充分利用计算资源,而且可以减少地理空间数据的传输。

由于地理空间数据的集中性,虽然 GIS 应用中很多分析处理都是可以并行进行的,但这些并行成分所要用到的地理空间数据都处在同一个主机上,由于 Geo-Agents 系统采取“数据优先”的原则(即一个 Agent 尽量在其处理的数据所在地创建运行)<sup>[4]</sup>,从而使得这些并行都发生在同一地点。在有限的计算资源下,由于 Agent 的执行也要占用一定的计算资源,因而利用 Agent 进行并行往往需要占用更多的计算资源,相比之下,还不如在一个 Agent 中顺序执行完成任务来得有效。但从另一方面来看,在同一个主机上利用 Agent 进行并行虽然不能提高效率,但应用程序有一个清晰的结构。比如一个主机上有两个空间元数据库,当需要同时访问这两个元数据库时,当然用两个空间元数据库访问 Agent 去访问要来得清晰、方便。

传统的观点都认为,并行必须提高效率,否则并行就没有意义。其实不然,并行其实是一种合作,但合作并不一定要提高效率。首先,合作给软件系统的建设带来新的思路:它使得软件系统的建设可以象人类社会那样进行组织,从而使得复杂软件系统的建设更加简单,结构更加清晰;其次,合作大大地改善了软件系统的能力。对于一个软件系统来说,能力才是首要的,合作意味着任务能够完成,而只有在任务完成之后才有效率的提高。

当然,针对地理空间数据的集中性而导致并行不能提高效率的情况,我们设计了一种“对等主机”的机制来部分解决这个问题<sup>[4]</sup>。

**总结** 本文对 Geo-Agents 系统中的合作和并行策略进行了分析和探讨。Geo-Agents 系统中的合作和并行主要是依照 GIS 本身的特点和 GIS 应用领域的特点来设计的。通过 Geo-Agents 原型系统的实践,它们能够很好地完成 GIS 应用中的任务,改善了分布式 GIS 的能力、性能以及简化了复杂 GIS 任务的开发过程<sup>[4]</sup>。

## 参考文献

- 1 罗英伟,等. Geo-Agents 研究. 计算机研究与发展, 2000, 37(12): 1504~1512
- 2 丁晓明,刘博勤. MAS 中合作机制的研究. 计算机科学, 1999, 26(2): 54~56
- 3 Nwana H S. Software Agent: An Overview. <http://www.cs.umbc.edu/agents/introduction/ao>.
- 4 罗英伟. 基于 Agent 的分布式地理信息系统研究: [北京大学博士学位论文]. 北京, 1999. 6
- 5 沈志宇,等. 并行程序设计. 长沙:国防科技大学出版社, 1997