

基于 BDI Agent 的网格服务模型研究*

葛继科, 邱玉辉, 阎 艳

(西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

摘 要 随着网格技术应用的不断深入,对网格服务应用过程中的自治性、智能性等提出了较高要求。为了有效解决网格服务过程中的自治性问题,在对网格服务及智能 Agent 的 BDI 模型进行研究的基础上,提出了一种基于 BDI Agent 的网格服务模型。分析了模型中各模块的组成及功能,基于 Agent 的智能性、自治性和社会性等特点,讨论了 Agent 在网格服务请求处理过程中的作用。同时,利用本体语义进行网格服务的匹配,从网格服务的基本概念和整体服务能力上对匹配过程进行了说明。该模型提高了网格服务发现的准确率,同时也增强了系统的可维护性、灵活性和扩展性以及网格服务管理的自治性和容错性。最后,进一步明确了该模型的未来研究方向。

关键词 网格服务;BDI Agent;本体;服务匹配

中图分类号:TP181

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2008)04-0064-06

随着网格服务技术^[1]的不断发展,不同种类服务的绑定、共享、整合、协同操作成为系统集成的关键^[2-3]。更为重要的是,人们希望网格服务能够理解人们服务需求中的语义,从而使得网格服务更加智能化。因此,需要一种智能化的技术,能够提供面向服务的创建、过滤、组织、定位及选择的机制,即网格服务的智能化^[4]。

由于 Agent 具有自治性、主动服务性、社会性、智能性等特点^[5-7],另外,本体具有对语义的描述能力,它是用来结构化地描述某个领域或主题的概念(术语)的集合^[8],它为多 Agent 的协作问题求解提供了统一的表示框架。因此,在网格服务中引入 Agent 技术和本体,可以在理解服务描述语义信息的基础上,使 Agent 有效地协调网格环境下的各种资源,实现网格服务的智能化。

1 基于 BDI Agent 的网格服务模型

从意识立场出发,一般把信念(Belief)、愿望(Desire)和意图(Intention)当作基本的思维属性,简称 BDI^[9-10]。基于 BDI 结构的 Agent 建模可以较好地反映智能 Agent 的反应性、自主性和社会性等特点。同时,BDI 模型也给出了 Agent 体系结构的运行特性,即确定了根据事件(包括通信)和目标如何

产生意图,以及意图如何引发行动并修正信念和目标,同时确保了信念、目标和意图的合理运转。BDI Agent 的这些特性为智能化的网格服务系统的实现提供了依据。

1.1 设计目标

构建基于 BDI Agent 的网格服务(BDI Agent for Grid Services, BDIA-GS)模型的最终目的是要为不同用户提供具有更高灵活性、便利性、准确性和智能性的网格服务。从需求出发,BDIA-GS 系统的主要设计目标包括如下几点。

1)网格服务请求的智能化。网格服务请求不应该完全由用户发出指令,而应当是能够智能地获取用户的服务需求,代替用户工作,简化用户使用网格服务的过程,为用户提供方便、满意的服务。

2)网格服务的语义匹配。网格服务的语义匹配用来分析两组语义描述,判断它们之间的相似度。作为匹配依据的本体语义信息一方面由于其对概念定义有着严格、受公共认可及共享等特点,消除了语义描述的歧义,使匹配双方在缺乏事先沟通的情况下也能互相识别,从而可以实现精确匹配;另一方面,对概念之间的继承、相交等关系的描述又为匹配的灵活性提供了保证,这些是简单的关键字匹配所不具备的。

* 收稿日期 2008-04-29 修回日期 2008-06-05

资助项目:西南大学研究生科技创新基金(No. 2006011)

作者简介:葛继科(1977-)男,博士研究生,研究方向为服务发现、语义网格,通讯作者,邱玉辉,E-mail yhqiu@swu.edu.cn.

3) 网格服务资源管理的智能化。网格服务资源是有限的, 需要合理使用。要减少对共享资源的争用, 尽量提高资源的利用率。Rana 等提出的网格资源冲突管理策略^[11]是网格服务资源管理智能化的一个很好借鉴。

1.2 体系结构

BDIA-GS 模型主要由用户界面 Agent、服务请求处理层、网格服务中间层、网格服务资源层等组成, 共同协作完成为用户提供智能网格服务的目标, 图 1 是 BDIA-GS 模型的逻辑结构图。

用户通过用户界面 Agent 输入网格服务请求, 用户界面 Agent 记录网格服务请求及用户个人的相关信息。如果该网格服务请求信息已经存在, 则系统转到服务请求处理层进行相关的服务处理。如果用户请求的服务不存在, 系统将对用户的网格服务请求信息进行分析与子功能分解。在对服务请求处理过程中, 1、2、3、4 表示通过中介 Agent 进行网格服务资源发现的过程, 5 是资源 Agent 与应用 Agent 之间网格服务映射的过程。如图 1 所示。

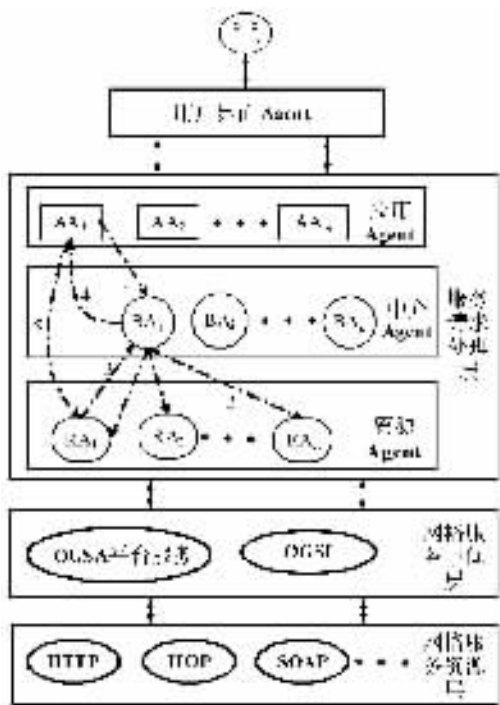


图 1 基于 BDI Agent 的网格服务模型

1.2.1 用户界面 Agent 用户界面 Agent 主要是帮助和引导用户与系统交流, 为用户使用网格服务提供必须的交互界面。

用户界面 Agent 由感知模块、推理机、通信模块、知识库、数据库、控制器及效应模块等组成。如

图 2 所示。

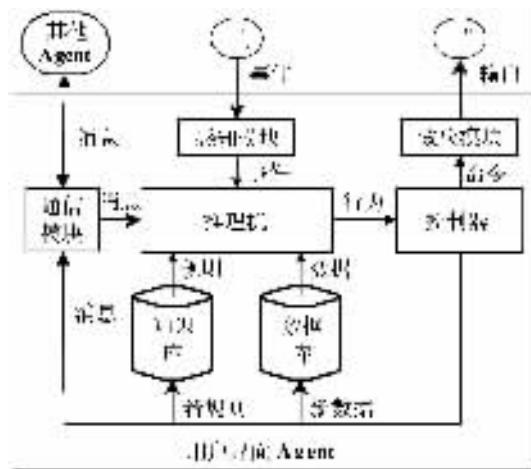


图 2 用户界面 Agent 逻辑结构图

用户通过输入/输出界面, 向系统提交服务请求, 感知模块在收到用户服务请求后, 给推理机发送信息。推理机根据知识库中的规则 and 数据库中的统计数据对所感知到的信息进行分析, 并根据分析结果决定后序动作。例如, 若某一事件曾被某一用户输入过, 则该用户使用该事件的结果将成为另一个用户输入时的参考。同样, 如果同一用户在使用该用户界面 Agent 一段时间后, 用户界面 Agent 应能够记住该用户的输入特点和习惯, 如常用的输入模式, 要求的服务等。当感知模块一旦感知到该用户的输入是与他的某些习惯或特点一致时, 推理机就能迅速确定用户所要求的服务, 并启动相应的后序动作。动作被送到控制器进行统一安排触发。控制器根据动作的具体内容进行执行, 它可以发送消息给其他 Agent, 产生新的规则放入知识库, 记录新的统计数据到数据库, 或者通过效应模块输出信息。用户界面 Agent 还可以通过通信模块和其他 Agent 进行交互。

用户界面 Agent 通过学习可以适应相应用户的使用偏好, 并自动执行一些常用流程。通常用户界面 Agent 有 4 种学习途径: 1) 通过观察用户的操作, 进行模仿学习; 2) 向用户提供建议, 或代表用户执行动作, 然后通过接受用户的反馈和评价进行学习调整; 3) 直接接受用户的命令, 然后学习记忆相应的操作流程; 4) 通过咨询其他 Agent, 以获取它们的经验。

通过广泛的学习, 用户界面 Agent 可为用户提供个性化的用户界面, 定制用户的使用风格等。

1.2.2 服务请求处理层 网格服务处理层接收用户

界面 Agent 传送来的网格服务请求信息并进行网格服务的匹配,是 BDIA-GS 系统模型的核心,主要由应用 Agent(Application Agents, AA)、中介 Agent(Broke Agents, BA)和资源 Agent(Resource Agents, RA)组成。AA 通过用户界面 Agent 与用户进行交互,收集、处理用户的网格服务请求信息,通过 BA 查找合适的网格服务,并与找到网格服务的 RA 进行协商,商定服务映射的具体细节。如果没有单独且合适的网格服务,BA 就智能地把若干个相关的 RA 组合起来,生成一个满足要求的合成的网格服务。如果 BA 通过与 RA 的交互,既没有发现合适的网格服务,也无法组合多个 RA 产生满足要求的合成的网格服务,则 BA 将通知 AA,告知 AA 服务失败。

AA、BA 和 RA 的交互根据不同情况执行过程也有所不同,但是用户与 AA 的交互是一致的,这样就对用户屏蔽了各种不同情况的处理,简化了用户的操作。通过 AA,用户使用网格服务就好像在与一名服务员对话,只要告诉它需要什么样的服务,所有的工作 AA 都会代替用户完成的。服务请求处理层的执行流程如图 3 所示。

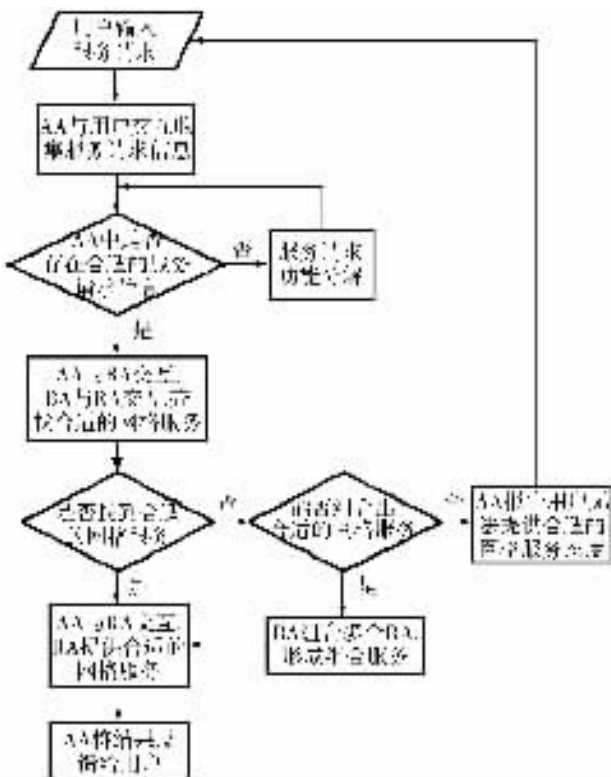


图 3 网格服务请求处理过程

1.2.3 网格服务中间层 网格服务中间层负责提供

网格服务资源管理、数据管理、网格服务安全等。网格中间层在继承已有网格计算研究成果的基础上,以开放网格服务体系结构 OGSA 为核心,以 Globus 为基础实现的。其核心体系结构是 OGSA 核心平台服务和 OGSi。其中,OGSA 核心平台服务是一组标准服务,这些服务包括策略、记录、服务水平管理等,而 OGSi 则提供了基本的基础设施。

在系统的实际实施过程中,Globus Toolkits 4 (GT4)平台^[13]提供了一个非常灵活的扩展机制,可以非常方便地将本文描述的框架模型及算法在 GT4 环境下进行部署。充分利用 GT4 提供的代理、回调等编程模型,可以减少为已有网格服务添加语义信息发布功能的工作量。

网格服务中间层能够屏蔽网格服务资源层中计算资源的分布、异构特性,向服务请求处理层提供透明、一致的使用接口。

1.2.4 网格服务资源层 网格资源层是构成基于 BDI Agent 的网格服务模型的硬件基础,它包括网格中的各种资源,如超级计算机、程序、数据、可视化设备等,这些资源通过网络设备连接起来。网格资源是提供网格服务的基础,整个网格计算的目的是整合各方面的资源,向用户提供更方便、功能更强大的服务。网格服务资源层仅仅实现了计算资源在物理上的连通,从逻辑上看,这些资源仍然是孤立的,资源共享的问题依然没有得到解决。因此,必须在网格服务资源层的基础上通过网格服务中间层来完成广域计算资源的有效共享。

网格服务是在 Web 服务的基础上发展起来的,在对网格服务资源的描述上采用与 Web 服务描述类似的方法,即采用 Web 服务描述语言 WSDL、OWL-S 等方法来描述。

2 网格服务的匹配过程

在服务请求处理过程中,选择合适的匹配方法是服务匹配过程中需要解决的关键问题,合适的匹配方法可以有效降低系统的误报(False Positive)和漏报(False Negative)。

AA 中存在一个或多个请求实例 R,R 为服务需求者提供 OWL-S 描述的服务需求。在 RA 中存在一个或多个服务实例 S,S 为服务发布者发布的以 OWL-S 文件描述的服务。在服务请求处理过程中,可以由服务需求者提供的需求语义描述与服务发布

者的描述文件进行匹配,从而找出合乎需求的服务信息。网格服务的匹配算法主要构建于网格服务语义信息之上,网格服务的语义采用本体来进行描述。因此,网格服务的匹配可以看作是由本体中基本概念之间的匹配和整体服务能力匹配两部分组成。

2.1 基本概念的匹配

网格服务语义匹配以其各属性值所属概念模型的匹配为基础,匹配程度分为 Exact、PlugIn、Subsume、Intersection 和 Fail 等 5 个等级^[12]。

定义 1 对于本体中的两个概念 $C1$ 和 $C2$,一个概念匹配函数 $concept_match(C1, C2)$,有以下几种匹配结果。

1) Exact :精确匹配, $C1$ 和 $C2$ 是完全相同的概念。在 OWL 中,它们指向同一 URI 的同一节点,或通过 `<owl:sameClassOf>` 相关联。

2) PlugIn :不完全匹配, $C1$ 是 $C2$ 的子概念,即 $C1 \subseteq C2$,在 OWL 中, $C1$ 和 $C2$ 通过 `<owl:subclassOf>` 标签直接或间接相关联。

3) Subsume :勉强匹配,与 PlugIn 相反,指 $C2$ 是 $C1$ 的子概念,即 $C1 \supseteq C2$ 。在 OWL 中, $C1$ 和 $C2$ 通过 `<owl:superClassOf>` 标签直接或间接相关联。

4) Intersection :局部匹配, $C1$ 和 $C2$ 之间存在交集。在 OWL 中,以 `<owl:intersectionOf>` 定义。

5) Fail :不匹配,除上述 4 种匹配之外的结果,表示 $C1$ 、 $C2$ 不匹配。

这 5 种匹配结果按照匹配程度降序排列。由其定义可以看出 Exact 级别的匹配是最精确同时也是最严格的匹配,而 PlugIn、Subsume、Intersection 等级别则为无法满足精确匹配的情况下提供了不同程度的替代方案。另外,中间这三种匹配结果都具有传递性,一个匹配结果所经过的传递级数越多,其最终的相似性程度越低。为提高匹配效率,可以对匹配时所跨越的级数作一个限制,其具体值可由服务请求者按照不同要求指定,在实际应用中,传递级数一般不超过 3 级^[13]。

2.2 整体服务能力匹配

整体服务能力匹配主要是综合考虑服务的类别信息、输入、输出信息的匹配情况。

对于服务的类别信息,如果其本身处于 OWL 框架之内,则其匹配方式同基本概念匹配。如果是处于外部分类系统,则需要将现有的分类体系映射为其等价的 OWL 本体描述。

定义 2 $R.output$ 代表请求实例的输出, $S.out-$

put 代表服务实例的输出,一个输出匹配函数 $output_match()$ 有如下几种匹配结果。

1) Exact :精确匹配,即 $R.output = S.output$,请求与注册的服务精确匹配。

2) PlugIn :不完全匹配,即 $R.output \subseteq S.output$,注册服务的输出增加了普遍性,丢失了个性。

3) Subsume :勉强匹配,即 $R.output \supseteq S.output$,注册服务的输出只是请求服务输出的一部分特性,忽略了通性。

4) Fail :不匹配,请求与注册的服务完全不匹配。

这 4 种匹配结果按照匹配程度降序排列。

对于输出信息,需要将需求者的输出描述逐项取出,判断其所属概念是否在发布者的输出描述中有对应的匹配项。如果需求者输出信息的每一项均能找到匹配项,则认为输出信息的服务能力匹配成功。由于单项概念匹配的返回值属于枚举型的,难以进行统一的量化及加权平均,因而输出信息的整体匹配度需要综合考虑各基本概念匹配结果及其匹配过程中跨越的级数,并代入服务需求者提供的评估表达式进行计算。 R 和 S 的输出匹配算法如图 4 所示。

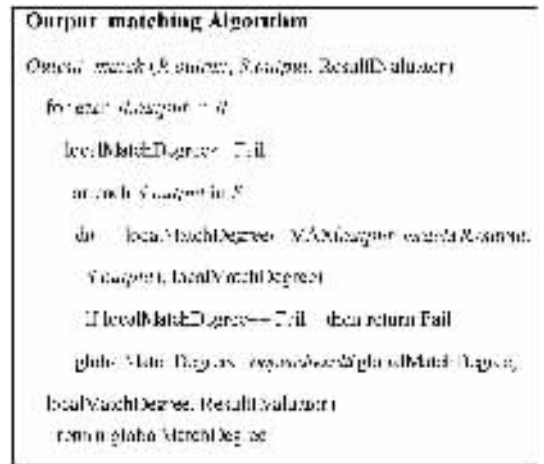


图 4 输出匹配算法

对输入信息的匹配过程与输出信息匹配大致相同,只是其判断方式为将发布者的输入描述逐项取出在需求者的输入描述中寻找匹配,相当于在输出匹配函数中对调发布者与需求者的位置,这是因为输出信息是否匹配关系到网格服务能否被接受,而输入信息匹配程序则关系到网格服务能否正常执行。

最后,对整体服务能力排序,排序主要在类别、

输入和输出匹配过程中返回值不为 Fail 的服务中进行。排序过程依次按类别、输出、输入进行。

3 性能评价

基于 BDI Agent 的网格服务模型采用基于本体的语义匹配算法,提高了服务发现的准确率,同时也增强了系统的可维护性、灵活性和扩展性,实现了基于关键字的匹配算法不具备的精确性和灵活性。另外,由于综合考虑了基本概念的匹配和整体服务能力的匹配,可以实现个性化的网格服务发现过程,因为它对用户提供了一个服务匹配的选择,用户能够选择符合自己需求的服务,如果期望的匹配没有被返回,用户能够用不同的需求参数声明另一个服务请求。该模型采用基于 Agent 的分布式服务管理方式,体现了服务管理的自治性,提高了服务匹配的速率,同时使系统具有了一定的自组织性和容错性。

4 结语

结合网格计算技术、本体与 Agent 技术,提出了一种基于 BDI Agent 的网格服务模型。利用本体在语义描述上的优点及 Agent 的智能性、协作性等特点,使得该模型能够提供更加符合用户需求的网格服务,促进了网格服务发现研究的发展,对知识网格及语义网格的发展具有一定的参考价值。

网格计算与 Agent 相结合的研究还处于初级阶段,本文只是在理论上论证了基于 BDI Agent 的网格服务模型的可行性,在实际应用中性能如何是一个值得深入研究的问题,这是笔者正在进行的工作。

参考文献:

[1] FOSTER I , KESSELMAN C , NICK J M , et al. Grid Services for Distributed System Integration [J]. Computer , 2002 , 35(6) : 37-46.

[2] FOSTER I , KESSELMAN C. The Grid : Blueprint for a New Computing Infrastructure [M]. San Francisco :Morgan

Kaufmann Publishers ,1998.

- [3] FOSTER I , KESSELMAN C , TUECKE S. The Anatomy of the Grid : Enabling Scalable Virtual Organizations [J]. International Journal of High Performance Computing Applications , 2001 , 15(3) : 200-222.
- [4] 马燕 , 邱玉辉 , 李明勇. 一种基于移动 Agent 的网格资源发现机制研究 [J]. 重庆师范大学学报(自然科学版) , 2007 , 24(2) : 18-18.
- [5] JENNINGS N R , SYCARA K , WOOLDRIDGE M. A Roadmap of Agent Research and Development [J]. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems , 1998 , 1(1) : 7-38.
- [6] KINNY D , GEORGEFF M P , RAO A S. A Methodology and Modeling Technique for Systems of BDI Agent [C]. Berlin : Springer Verlag , 1996 : 56-71.
- [7] GERHARD W. Multiagent System : a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence [M]. Boston : MIT Press , 1999.
- [8] Studer R , BENJAMINS V R , FENSEL D. Knowledge Engineering : Principles and Methods [J]. Data & Knowledge Engineering , 1998 , 25(2) : 161-197.
- [9] RAO A S , GEORGEFF M P. BDI-Agents : From Theory to Practice [C]. In Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS95) , San Francisco , 1995 : 312-319.
- [10] 马光伟 , 徐晋晖 , 石纯一. Agent 思维状态模型 [J]. 软件学报 , 1999 , 10(4) : 7-13.
- [11] RANA O F , WINIKOFF M. Applying Conflict Management Strategies in BDI Agents for Resource Management in Computational Grids [J]. Australian Computer Science Communications , 2002 , 24(1) : 205-214.
- [12] NAVEEN S , MASSIMO P , KATIA S. An Efficient Algorithm for OWL-S Based Semantic Search in UDDI [C]. In First Semantic Web Services and Web Process Composition Conference , San Diego , 2004 : 96-110.
- [13] GIUNCHIGLIA F , YATSKEVICH M , SHVAIKO P. Semantic Matching : Algorithms and Implementation [J]. Journal on Data Semantics IX , 2007 , 4601 : 1-38.

Grid Services Model Based on BDI Agent

GE Ji-ke , QIU Yu-hui , YAN Yan

(Faculty of Computer & Information Science , Southwest University , Chongqing 400715 , China)

Abstract : With the developing of the Grid technology , the application of Grid technology becomes more and more important. It proposes the advanced request of autonomy and intelligence in Grid service. To resolve the problem in the processing of Grid service efficiently , on the basis of studying the Belief-Desire-Intention (BDI) model of intelligent Agent and Grid service , it presents a Grid Service Model based on BDI Agent to resolve autonomy and intelligence in the processing of Grid service and analyzes the model's architecture and functionality. Based on the characteristics of Agent in intelligence , autonomy and society , it also displays the role of BDI Agent in the processing of dealing with Grid service request. In the matching of Grid services , it uses the ontology technology , and realizes the semantic matching. It deals with the service matching algorithms in detail. The reports of the process of Grid service matching can implement from basic concepts and total service ability. In the basic concepts , it introduces five matching degree , and has achieved the semantic matching of concepts. The matching of total service ability considers the categories , input/output information of Grid service synthetically. This model increases the accuracy of Grid service discovery , improves the system model's maintainability , feasibility and extensibility and enhances the autonomy and fault tolerance. At last , it points out the farther directions and views the model's future scenario.

Key words : grid service ; BDI Agent ; ontology ; service matching

(责任编辑 游中胜)