

网格 workflow 研究

高蓓蓓¹, 葛 玮¹, 董云卫²

(1. 西北大学 计算机科学系 软件工程研究所, 陕西 西安 710069,

2. 西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 网格 workflow 是随着网格计算技术的发展而产生的一种新型协同计算技术。文中对国外的一些网格 workflow 的建模、体系结构和流程描述语言作了进一步的研究, 介绍了网格和 workflow 的相关技术, 然后给出了网格 workflow 的定义和网格 workflow 与传统 workflow 的区别, 最后简要介绍了 4 个比较典型的网格 workflow, 并提出网格 workflow 的未来发展趋势。

关键词: 网格; workflow; 开放网络服务体系结构

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2006)01-0080-03

A Study of Grid Workflow

GAO Bei-bei¹, GE Wei¹, DONG Yun-wei²

(Software Engineering Institute, Department of Computer Science, Northwest University, Xi'an 710069, China;

2. College of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Grid-workflow is a new type of technology of cooperative computing, which develops with grid computing. In this paper, have studied some grid-workflow technologies about modeling, architecture and process description language. Firstly, introduce the related technology of grid and workflow. Secondly, give the definition of grid-workflow and the difference between grid-workflow and traditional workflow. Finally, introduce four typical grid-workflows and propose the trend of grid-workflow.

Key words: grid; workflow; OGSA

0 引言

工作流管理是一个被业界广泛应用并迅速发展的技术, 它的主要功能是使业务处理过程自动化, 协调人和各种应用程序工作。工作流管理系统(workflow management system, WfMS)则是一种能定义、创建和管理 workflow 执行的软件系统^[1]。目前, 绝大多数的工作流管理系统主要针对普通的办公室应用, 而对于许多大型企业和大型组织的协同工作就显得有些捉襟见肘。主要存在以下方面的不足:

(1) 大量计算和存储资源的需求: 一些政府组织、军事组织、科研机构和医疗机构中的很多复杂问题的解决往往需要大量高性能计算机、数据存储系统 and 专业设备等资源的支持。

(2) 企业和组织间的协作: 现实社会中越来越强调分工合作, 大量任务需要许多企业和组织协同完成。一个 workflow 可能涉及到多个地域、多个企业提供的不同资源和服务。

网格 workflow 就是针对以上的不足而提出的一种新型工作流管理系统, 它旨在利用网格环境中丰富的、异构的和分布的资源, 创建一种管理网格中的高性能计算能力的协同管理机制, 实现在动态变化的多个虚拟机构间的资源共享和协同工作。

1 相关技术

1.1 网 格

网格(grid)是借鉴电力网(Electric Power Grid)的概念提出来的^[2], 它是构筑在互联网上的一组新兴技术, 希望将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体, 使人们可以透明地使用计算、存储等各种资源。国外的网格计算研究已经有一段时间, 美国自然科学基金于 1997 年底就开始实施“分布式网格”研究项目, 美国国家航空和宇宙航行局(NASA)开展了一个为期 20 年的网格研究计划 IPG(Information Power Grid)项目, IBM, Compaq, Sun, LSF 和 Boeing 等, 也开始进入网格计算领域的研究和支撑软件系统的开发。网格计算技术中比较重要的网格体系结构有两个, 即五层沙漏模型和结合 Web Service 技术提出的开放网络服务体系结构(OGSA, Open Grid Services Architecture), Globus 和 Legion 就是基于这两个体系结构开发出的网格支撑软件系统。

收稿日期: 2005-04-29

基金项目: “十五”科技攻关计划(2001BA107C)

作者简介: 高蓓蓓(1980—), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 研究方向为网格计算、工作流技术; 葛 玮, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为软件工程、分布式计算、工作流技术。

国内开展网格计算研究和应用的科研机构较多,一些网格计算技术的理论逐步被提了出来,并涌现出了一些功能强大的网格应用框架,如上海多家大学联合研究、开发的“上海教育科研网格”、航天二院和清华大学共同研制的“仿真网格”、中科院计算所已经研制出的“织女星网格”等等。

网格应用的领域也越来越广泛,主要有以下4类:分布式超级计算、分布式仪器系统、数据密集型计算和远程沉浸。另外,网格在信息集成领域也显示出了它的优势。但网格技术在工作流领域的应用还不是很广泛,不过随着网格技术的成熟,它一定会在工作流领域具有广阔的发展前景。

1.2 工作流

目前,在全球范围内,对工作流的技术研究和产品开发都进入了一个非常繁荣的阶段,许多新的技术都被应用到工作流管理系统当中。工作流管理软件已经从最初的那种面向特定领域、功能较为简单的应用系统,发展成为如今这种具有图形用户界面的过程定义工具、用户定义与任务执行完全分离、在分布异构的环境中运行的管理系统。工作流技术的研究主要集中在以下几方面^[3]: (1) WfMS 体系结构的研究; (2) 工作流模型与工作流定义语言的研究; (3) 工作流的事务特性; (4) 工作流的实现技术; (5) 工作流的仿真和分析方法; (6) 工作流的集成与互操作技术; (7) 工作流与经营过程的重组。

国内有很多工作流的研究机构已经开发出了一些比较完善的工作流管理系统,如清华大学的分布式工作流管理系统 CIMFlow, 中国科学院软件所的分布式事务工作流系统, 西北大学和西安协同公司合作研制的协同工作流管理系统 Synchflow 等等。

随着网格技术的发展和运用,它与工作流的结合必然成为工作流领域的又一个研究热点。研究人员试图将这种新的技术应用到工作流管理系统当中,用来解决传统工作流中不能处理大批量数据、执行任务时性能不佳等问题。

2 网格工作流

网格技术是 Internet 计算技术的一个重要发展方向,它和工作流技术结合在一起,在未来的分布式计算技术的研究和应用中必将具有强大的生命力。下面就来介绍网格工作流的相关内容。

2.1 定义

目前基于网格环境的工作流技术还不是很成熟,因此对于网格工作流的定义还不统一。文献[4]中将网格工作流的管理部件定义为一个公共服务,用于支持各种工作的协作。而在文献[5]中网格工作流则被定义为将网格服务组织成一个由这些服务的操作构成的流程,这个流程可以看作是在某一时间段上为了完成某个特定目标的网格服务的组合。

综合以上各种观点,将网格工作流定义为:在网格环境下,利用网格提供的资源和服务,通过业务流程的全部或部分自动化,实现组织成员间的协调工作以达到业务的整体目标。

2.2 网格工作流与传统工作流的区别

网格工作流是一种在网格环境下的新型工作流,它与以往传统的工作流有许多不同之处:

(1) 传统工作流强调流程执行的正确性,而网格工作流为保证流程中计算的高性能,往往是基于“最优模型”来执行流程的,所以流程执行的正确性不一定能保证。

(2) 传统工作流的事务模型的一个很重要的方面就是要保持整个系统的状态是一致的,但在网格这种开放的环境下,系统状态的定义和其一致性的保持都是比较困难的。

(3) 传统工作流中的流程定义在执行时是不太可能改变的,而在网格工作流中流程定义可能会在运行时改变。因此网格工作流必须具备动态修改功能。

(4) 网格工作流中的活动可能会执行很长时间,并且其中的一些活动要协同工作,因此,系统要提供合并部分流程定义的功能。

(5) 资源定位是网格工作流中很重要的一方面。网格为人们提供了丰富的资源,但要充分地利用这些资源并不容易。在开发网格工作流系统中必须要充分考虑到这点。

(6) 在一个网格工作流的过程实例运行的过程中会涉及到各种 Agent 的迁移,这些 Agent 最好是能够定位在由它执行的活动的附近,以减少通信的成本和延迟。

2.3 典型的网格工作流研究

下面从网格工作流的系统结构、流程定义语言等方面来介绍几个典型的网格工作流成果。

1) 网格工作流结构 (A Grid Workflow Management Architecture, GWA)。

GWA 是基于对工作流的生命周期(即4个阶段:工作流过程定义的创建、过程定义的验证、过程实例的创建和过程实例的运行)的全面考虑,提出了一种既适于计算型网格又适于服务型网格的网格工作流的基本架构。其结构如图1所示。

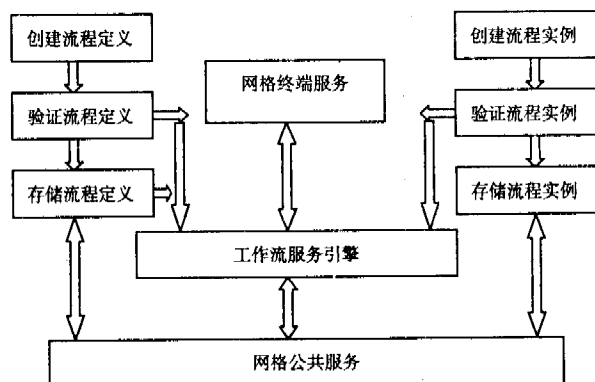


图1 网格工作流架构

这个基本架构包括工作流过程定义和工作流过程实例

例的创建、分析验证和存储, workflow 运行服务以及网格环境(主要是指网格终端服务和网格公共服务), 并且还描述了 workflow 运行服务和网格服务之间的关系。由于网格是一个开放式环境, 过程定义的描述可能是各种各样的, 因此在进行验证、实例化和存储之前, 要先转化为一种统一的描述语言, 在此 workflow 中就采用了 Petri Nets(PNs)作为系统内部的过程描述语言。

workflow 运行服务引擎是一个 workflow 管理系统中的核心部分。在这个网格 workflow 系统中, workflow 运行服务引擎是由一个协调服务来创建和管理的, 每一个(过程定义, 过程实例)对对应一个 workflow 运行服务引擎。用户仅用 PDA 或掌上电脑等终端设备, 就可通过 workflow 控制接口和 workflow 运行服务引擎通信。workflow 运行服务引擎主要是由流程控制单元构成的, 它主要用于控制一个(过程定义, 过程实例)对的运行。对于过程定义中的每个活动, 都有一个活动控制单元与之相对应。它是由流程控制单元中的活动分配单元所激活的, 负责初始化活动、控制活动的执行以及向流程控制单元中的活动执行结果分析单元报告活动执行的结果。

GWA 是一种较全面、较清晰的网格 workflow 架构, 提供了一些很好的参考。但这个架构仅是一个理论上的成果, 还没有付诸于实现。

2) 网格 workflow 系统(GridFlow)。

GridFlow^[6]的网格平台包括 3 部分: PACE, Titan 和 ARMS。其中 PACE 主要用于应用的性能建模和估算; Titan 主要用于管理一个局域网格(即一个组织内部)的资源; ARMS 则用于管理由多个组织组成的虚拟组织的网格资源, 其内部是由按层次组织起来的 Agent 构成的, 由一个 PMA 来管理这些 Agent。

GridFlow 系统是基于 3 个基本概念建立的, 即任务、子流程和流程。其中任务是网格 workflow 中的最小元素, 用于完成某些相对独立的工作, 对其的调度是由 Titan 负责的; 子流程是一个预先定义好的流程, 它仅需要一个局域网格的资源就可执行; 流程则包含多个活动, 每个活动都是一个子流程, 这些活动之间的联系很松散。

GridFlow 的系统结构如图 2 所示, 主要包括 3 部分: 用户接口(GridFlow User Portal)、网格 workflow 全局管理器(Global Grid Workflow Management)和局域网格子过程调度器(Local Grid Sub-workflow Scheduling)。其中用户接口用于定义流程中的子流程和任务, 以及它们之间的关系, 还可指定子流程和任务在何处执行; 网格 workflow 全局管理器提供 3 方面功能——仿真、执行和监控, 仿真功能就是在流程执行前模拟执行流程, 用 GGWM 算法得到一个流程中子流程的最佳调度方案, 执行功能则是依照仿真得到的调度方案执行流程, 而监控功能则是实时监控子过程和任务的执行情况; 局域网格子过程调度器则负责通过 LGSS 算法解决局部网格资源的冲突问题, 得到一个子流程中任务的最佳调度方案。

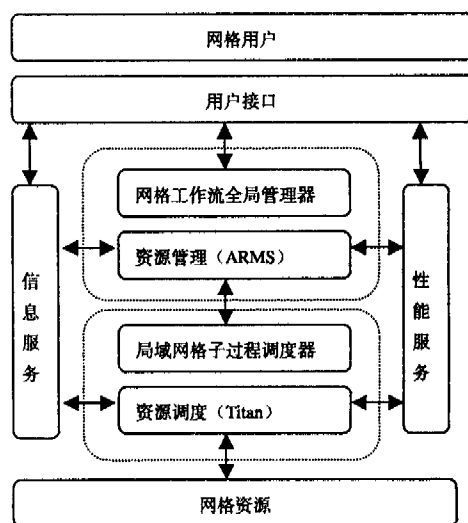


图 2 GridFlow 的结构

GridFlow 中提出了一种基于仿真的网格 workflow, 巧妙地解决了网格环境中的资源管理和资源调度问题, 是一种很好的网格 workflow 体系。

3) 网格 workflow 执行语言(Grid Workflow Execution Language, GWEL)。

文献[5]中同样提出了一种网格 workflow 的基本结构及 workflow 描述语言 GWEL, 即网格 workflow 执行语言, 它是基于 OGSA 和 Web Services 的商业过程执行语言(BPEL4WS)而得出的, 并且充分利用了最新的网格工具 Globus Toolkit3.0。GWEL 是一种基于 XML 的语言, 它重用了 BPEL4WS 的一些概念和元素。GWEL 主要包括工厂模型(Factory Model)、数据模型(Data Model)、变量(Variables)、故障处理模型(Fault Handling Model)、实例生命周期模型(Instance Lifecycle Model)和活动模型(Activity Model)。其中工厂模型用于定义参与流程的网格服务; 数据模型用于定义流程中的数据源和数据存储位置; 变量用于定义流程执行过程中传递消息时所需的变量; 故障处理模型用于定义流程执行中的异常处理机制; 实例生命周期模型用于处理网格服务实例的产生和销毁; 活动模型用于定义流程中的活动。

GWEL 是一种新的 workflow 描述语言, 为网格 workflow 的过程定义提供了一种新思路。

4) 网格服务流程语言(Grid Services Flow Language, GSFL)。

Web 服务和网格服务是两种不同的技术标准, 为了把二者有机结合起来, 发挥它们最大的优势, 就必须制订一种机制, 用于描述服务之间的各种交互以及动态地将若干个服务组合成一个新的服务。因此, 一种新的 workflow 描述语言 GSFL^[7], 即网格服务流程语言被提了出来。它将 workflow 定义为一系列的规则, 并用这些规则定义服务之间的交互, 以便形成一个元服务(meta-service)。

GSFL 同样也是一种基于 XML 的语言, 它可以描述

(下转第 86 页)

(6)在规定的时间内,根据返回到最初的查询节点上的移动 Agent 带回的网格资源信息进行汇总,并将符合查询条件的网格资源的状态信息提交给查询用户,没有返回的移动 Agent 将被抛弃。

(7)最后,销毁用户代理。

3 结束语

文中提出了一种基于代理的网格资源发现和监视模型,它和目前典型的几种资源发现和监视机制相比,有以下优点:第一,与基于 RPC 方式的分布式应用相比,移动 Agent 的迁移不需要保持网络的长时间稳定连接,可大大减轻网络负荷。当监视广域分布的网格资源时移动 Agent 避免了大量数据的网络传送,显著提高系统执行效率和可靠性程度。第二,移动 Agent 封装了通信协议,克服了在异构的网格计算环境中可能存在的协议冲突,而且移动 Agent 平台大多数是基于 Java,具有非常好的可移植性和扩展性。第三,一个移动 Agent 是一个独立的自治程序单元。在进行某项任务时,可同时创建多个 Agent 并行工作,同时 Agent 之间又可相互协作,共同完成任务。因此,在资源众多的网格计算环境中,移动 Agent 可以极大地提高工作效率。第四,使用 LDAP 目录服务,将网格计算环境表示成树状结构。这种结构有利于网格节点的层次表示和不同虚拟组织的划分。模型还对 LDAP 目录服务器进行访问权限的设置,保护了一些敏感的资源信息,而且网格资源状态信息将尽量存储在本地的目录服务器中,避

免了随时轮询更新带来的网络负载。第五,通过移动 Agent 和 LDAP 目录服务,模型很好地解决了虚拟组织的动态建立问题,方便地实现了组织成员的动态注册和注销。

参考文献:

- [1] 都志辉,陈渝,刘鹏. 网格计算[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 董方鹏,龚奕利,李伟,等. 网格环境下资源发现机制的研究[J]. 计算机研究与发展,2003(12):1749-1755.
- [3] 涂德志. LDAP 协议研究与 LDAP 服务器的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2000.
- [4] 张云勇. 移动 Agent 及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [5] Fukuda M, Tanaka Y, Suzuk N. A Mobile-Agent-Based PC Grid[A]. Autonomic Computing Workshop[C]. Seattle, USA: [s. n.], 2003. 142-150.
- [6] Loke S W. Towards data-parallel skeletons for grid computing: An itinerant mobile agent approach[A]. IEEE, COGRID 2003[C]. Tokyo, Japan: [s. n.], 2003.
- [7] Kotz D, Gray R S. Mobile Agents and the Future of the Internet[A]. ACM SIGOPS Operating Systems Review[C]. New York, USA: [s. n.], 1999. 7-13.
- [8] Cherenak A, Foster I, Kesselman C. The Data Grid: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis of Large Scientific Datasets[J]. IEEE Journal of Network and Computer Applications, 2000, 7: 187-200.

(上接第 82 页)

基于 OGSA 的网格服务的工作流程定义。GSFL 主要包括以下 4 部分:服务提供者(Service Providers)、活动模型(Activity Model)、组合模型(Composition Model)以及生命周期模型(Lifecycle Model)。其中服务提供者用于定义参与流程的网格服务;活动模型用于定义流程中的活动,通常是由某个服务的某个操作来完成的;组合模型用于定义活动之间控制流和数据流以及服务之间的交互关系,而将几个服务组合成一个服务的思想正是通过这部分来实现的,定义服务之间的交互就可使流程数据在服务之间直接传递,避免了 workflow 引擎成为系统的瓶颈;生命周期模型则用于定义流程中的活动和服务的生命周期。

GSFL 虽然也是一种新的 workflow 定义语言,但它的思想却与 GWEL 迥然不同,并且更适用于网格环境下,是一种具有很高参考价值的新型 workflow 定义语言。

3 结束语

主要介绍了网格 workflow 的一些简要发展情况。通过介绍可以看出,目前网格 workflow 还处于初步研究阶段,只实现了一些系统原形,但它必然会在许多计算和数据密集型的复杂问题中得到应用。网格 workflow 领域还存在很多待研究的问题,如网格 workflow 的流程建模、网格 workflow 的

流程执行时的资源定位问题、基于网格的分布式 workflow 的多引擎问题,以及在网格这种无中央控制单元的环境中的 workflow 监控问题等。

参考文献:

- [1] Workflow Management Coalition. The workflow reference model [EB/OL]. <http://www.wfmc.org>, 1994.
- [2] Foster I, Kesselman C. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure [EB/OL]. <http://mhp.com/grids>, 1999.
- [3] 高伟,王振友. 工作流管理系统的发展及其与 CSCW 的关系[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2002(6): 39-43.
- [4] Marinescu D C. A Grid Workflow Management Architecture [EB/OL]. <http://www.cs.ucf.edu/dcm>, 2004.
- [5] Cybok D. A Grid Workflow Infrastructure [EB/OL]. <http://www.extreme.indiana.edu/groc/ggf10-www/grid-workflow-infrastructure-dieter-cybok/GWI.pdf>, 2004.
- [6] Cao Junwei, Jarvis S A, Sain S. GridFlow: Workflow Management for Grid Computing [EB/OL]. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8544/27003/01199369.pdf>, 2004.
- [7] Krishnanl S, Wagstroml P, von Laszewski G. GSFL: A Workflow Framework for Grid Services [EB/OL]. <http://www.caip.rutgers.edu/>, 2004.