

一种有盟主的服务虚拟组织模型及其 在电子政务中的应用

单保华^{1),2)} 杨冬菊¹⁾ 张利永^{1),2)} 杨少华^{1),2)} 孙为群^{1),2)}

¹⁾(中国科学院计算技术研究所网格与服务计算研究中心 北京 100080)

²⁾(中国科学院研究生院 北京 100089)

摘 要 提出了一种有盟主的服务虚拟组织模型(SHALOM),旨在服务网格环境下针对盟主的目标需求,解决盟主如何动态组织自主的合作伙伴的服务和流程资源构建虚拟组织协同进行求解的问题.在该模型的支撑下,盟主在业务层定义目标需求和分解任务,通过虚拟组织需求和成员提供的服务之间的匹配,动态选取相关合作伙伴的服务和流程资源.盟主在虚拟组织中的流程和资源之间定义协作关系,并采用聚合机制即时生成可运行的虚拟组织.文中重点讨论了 SHALOM 模型的核心元素和运作原理,并相应地介绍了支撑框架和相关技术,最后结合实际低成本电子政务应用展示了模型的效果.

关键词 网格;虚拟组织盟主;服务虚拟组织;电子政务应用

中图法分类号 TP311

A Stakeholder-Centric Virtual Organization Model and Its Application in E-Government

SHAN Bao-Hua^{1),2)} YANG Dong-Ju¹⁾ ZHANG Li-Yong^{1),2)}

YANG Shao-Hua^{1),2)} SUN Wei-Qun^{1),2)}

¹⁾(*Research Centre for Grid and Service Computing, Institute of Computing Technology,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080*)

²⁾(*Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080*)

Abstract A stakeholder-centric virtual organization model (SHALOM) is put forward to cope with the problem of how to dynamically select autonomous partner's services and processes to form a virtual organization to satisfy the stakeholder's requirement in service grid environment. Through the definition and decomposition of requirement by the stakeholder of virtual organization in business level, partners are dynamically selected by matching between business level requirements and services provided by partners. The virtual organization model is converged to a workable virtual organization after the definition of collaboration relations between services and tasks of processes. This paper discusses the core elements and rationale of SHALOM in detail. After introducing the supporting infrastructure, the application effect is also exhibited through E-Government application.

Keywords service grid; virtual organization stakeholder; service virtual organizations; E-Government application

收稿日期:2006-02-17;修改稿收到日期:2006-05-16. 本课题得到国家自然科学基金(90412005)资助. 单保华,男,1978年生,博士研究生,主要研究方向为面向服务的软件集成、业务端编程技术和服务虚拟组织建模. E-mail: shanbaohua@software.ict.ac.cn. 杨冬菊,女,1975年生,博士,助理研究员,主要研究方向为服务网格及其应用、资源服务化及服务个性化主动推荐技术. 张利永,男,1980年生,博士研究生,主要研究方向为服务组合技术及其运行时环境. 杨少华,男,1981年生,博士研究生,主要研究方向为上下文感知中间件. 孙为群,男,1975年生,博士研究生,主要研究方向为服务网络安全技术.

1 引言

网格^[1,2]针对动态虚拟组织中灵活、安全、协同的资源共享来进行问题求解,能够打破不同组织之间的信息孤岛,把来自不同组织的资源有机地整合起来,从而使得用户能够安全、透明、灵活和一致地使用网格环境下的资源.在发展的过程中,网格与面向服务的架构^[3](SOA)不断融合,并基于服务来对资源进行统一的调用.在动态开放的网格环境下,按需、动态、即时构建服务虚拟组织以协同进行问题求解是必然发展,但如何构建和运作虚拟组织仍旧是一个没有很好解决的问题^[4].

虚拟组织有两个主要特点:(1)资源自主性.参与到虚拟组织中的资源由资源提供者完全控制.资源提供者决定资源的访问控制权限并能够决定是否加入和退出虚拟组织.(2)目标驱动性.在某些任务来临时,需要动态选取相关的资源,即时集成、协同以进行问题求解.并且随着虚拟组织所要完成的任务的不同,所选择的资源的范围以及资源之间的协作关系都会随之变化.

虚拟组织的以上特点决定了在构建虚拟组织时必须解决一些挑战性问题.首先,虚拟组织的目标驱动性所引起的资源动态选取以及协作关系灵活定义要求虚拟组织必须能够按需、即时构建;其次,资源的自主性所引起的资源状态动态变化则要求虚拟组织必须动态构建,并能够随着资源状态的变化而演进.在服务网格环境下,虚拟组织成员除了以服务形式参与协作,还常常会涉及流程.因此服务以及服务组合后的流程资源成为虚拟组织的核心内容,而如何刻画由流程和服务以及其它相关资源组成的虚拟组织,如何运作虚拟组织就成为首先要解决的问题.一个虚拟组织成员可以参与到多个虚拟组织中,根据虚拟组织完成的任务的不同,虚拟组织成员对不同虚拟组织开放的流程中的节点也不相同,因此,需要一种灵活的方式描述流程对外开放的流程片段.同时,虚拟组织不同参与者的流程或者服务资源之间存在协作关系,而如何灵活定义资源之间的协作关系又是一个需要解决的问题.因此,针对这些问题,本文从盟主的角度入手,提出了一种有盟主的服务虚拟组织模型(SHALOM)来解决服务网格环境下以流程为核心的服务虚拟组织的构建与运作.

本文第 2 节首先对问题进行分析,然后提出以盟主为核心的服务虚拟组织模型(SHALOM),并从

生命周期角度刻画虚拟组织构建运作过程;第 3 节给出在 SHALOM 模型支撑下的虚拟组织建模过程;第 4 节结合实际低成本电子政务展示了 SHALOM 模型的实际效果;第 5 节与相关工作进行比较分析;最后一节进行了总结,并给出下一步工作.

2 服务虚拟组织模型

2.1 问题分析

网格环境下虚拟组织的构建一般采用两种思路:基于主体^[5]的思路和基于工作流^[6]的思路. Foster 等^[4]通过分析网格技术与主体技术各自的特点,提出了网格技术与主体技术的结合.网格提供强大的基础支撑,在网格之上使用主体技术动态构建虚拟组织.基于主体的方式在构建虚拟组织时,使用主体分别代表虚拟组织中不同的参与者,通过主体之间的协商实现分布式问题求解,如 CONOISE-G^[7].基于主体的方式使得虚拟组织能够随着虚拟组织中主体资源状态的变化而动态演进.然而,由于网格环境的开放性特点,使用主体技术通过协商进行问题求解并不一定能够得到有效的解,因为网格的开放性有可能导致主体之间协商的复杂性.工作流的方法利用工作流领域的研究成果来实现网格环境下资源的协同,如 myGrid^①, Astrogrid^②, Combechem^③ 和 DAME^[8].在这些项目中,用户事先使用工作流静态定义好虚拟组织,因此,很难处理动态的环境,并且由于虚拟组织事先完全定义,很难根据运作情况自动重配置虚拟组织.如 myGrid 定义的工作流中的任务节点直接绑定 Web 服务,因此如果所绑定的 Web 服务不可用,将导致虚拟组织无法进一步运作.同时上述虚拟组织构建方法都直接在软件层面实施,业务人员很难参与到虚拟组织的构建中,因此,导致虚拟组织的构建周期加长,无法实现虚拟组织的按需即时构建.并且基于主体和基于工作流的方法的基础一般是 Web 服务,然而,虚拟组织成员在参与到虚拟组织时,有时需要共享一个流程片断,使得虚拟组织成员能够看到流程片断的运行过程,而这两种方式都不能够很好地应对这种情况.

抛开上面的两种解决思路,我们回到虚拟组织本身.虚拟组织的成员自主性与目标驱动性实际上是一对矛盾体:一方面虚拟组织成员对是否提供其

① <http://www.mygrid.org.uk>

② <http://www.astrogrid.org>

③ <http://www.combechem.org>

服务有自主性,对其资源绝对控制.另一方面,虚拟组织的构建就是要求资源提供者联合起来去协同解决一个问题.而成员的自主性所引起的动态性可能使得任务无法顺利完成.因此,需要在保持成员自主性的基础上,有相应的人员或组织动态选取相关成员并设定对成员的约束和控制策略以完成虚拟组织的目标,同时,在虚拟组织运行过程中需要能够对虚拟组织成员的改变即时做出反应,对虚拟组织进行调整并进一步运行.我们称这样的人员或者组织为盟主.

针对引言中提出的问题,我们在 VINCA^[9] 服务网格的基础上,提出了一种有盟主的服务虚拟组织模型——SHALOM(A Stakeholder-centric Virtual Organization Model). VINCA 是一个为方便业务人员直接使用网格环境下的资源而开发的以最终用户为中心、个性化、可视化的服务组合语言.在 SHALOM 模型支撑下,虚拟组织的参与者使用 VINCA 语言定义自身的业务流程.当任务来临时,盟主根据任务需求即时创建一个新的虚拟组织并定义虚拟组织的用户和角色,在描述虚拟组织的目标需求、策略以及对参与者的约束后,动态协商选取参与者的业务流程或服务资源加入虚拟组织.盟主使用协作规则在虚拟组织参与者的业务流程以及服务之间定义协作关系,同时将虚拟组织用户和角色与参与者的用户和角色建立映射.在定义完协作关系后,使用聚合^[10]机制即时将虚拟组织模型转换为可运行的虚拟组织.

2.2 模型定义

网格环境下存在各种可用的资源,在进行问题求解时,需要动态组织相关资源以构建应用,并通过应用的运行满足自身的需求.因此盟主面对网格环境下的资源,需要有相应的模型和工具来支持盟主构建满足自身需求的应用.

在服务网格环境下,使用服务对各种资源进行封装以屏蔽资源的异构性,从而能够以统一的方式使用网格环境下的资源.然而在进行问题求解时,除了组合服务资源,还经常需要能够集成来自不同组织的业务流程.因此,业务流程和服务资源就成了虚拟组织的核心内容.网格环境的开放性也造成了虚拟组织成员的不确定性,因为网格环境下的资源由资源提供者完全控制,并可随时加入和退出网格环境.同时,资源提供者发布自身的资源供外部使用,一个主要的目的是为了能够实现自身利益的最大化.然而虚拟组织的整体约束导致有可能不能完全

满足所有虚拟组织成员的需求,因此,一方面需要动态选取符合要求的虚拟组织成员,另一方面,盟主需要与资源的提供者进行协商,从而在满足需求的情况下实现各自利益的最大化.

在一个虚拟组织中,同时需要不同用户的参与和协作,然而每个用户所能够查看和使用的资源范围是有严格限制的.因此,盟主需要能够对虚拟组织中的用户以及用户的权限进行管理,并能够对用户的权限进行描述刻画.参与到虚拟组织中的资源提供者都有自身的用户、角色和资源访问控制策略,由于虚拟组织中会涉及到不同的参与者,因此从下到上集成不同参与者的用户和角色将造成很大的工作量并且难于实现,因此,我们采取盟主在虚拟组织中定义虚拟组织用户和角色,并与具体参与者的用户和角色动态映射的思路以实现权限的灵活配置.

SHALOM 模型中的各个部分以及相互之间的关系如图 1 所示.

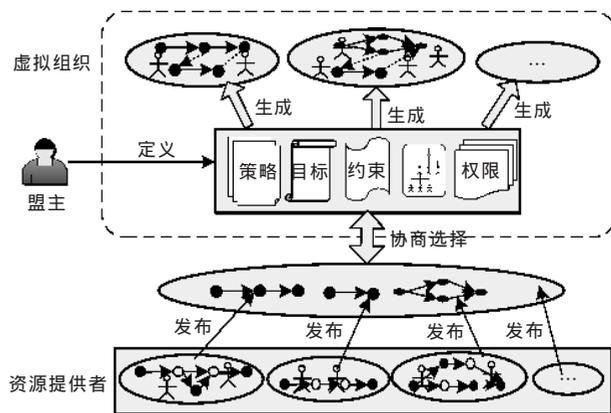


图 1 SHALOM 模型及相互关系

在 SHALOM 模型中,一个虚拟组织可以定义为 $VO = (Stakeholder, Role, Process, Authorization)$, 其中各项意义如下:

(1) *Stakeholder* 定义虚拟组织的基本方面,包括虚拟组织的目标、协商策略、时间约束、盟主等.因此可以定义为 $Stakeholder = (ID, N, G, P, C, O)$, 其中, ID 表示虚拟组织的编号,为区分构建的虚拟组织,每个虚拟组织在系统范围内有唯一编号.虚拟组织编号由系统经过计算自动分配,具体分配算法可以使用 UUID 生成算法; N 表示虚拟组织的名称; G 表示虚拟组织的目标.盟主根据虚拟组织的目标将任务分解,并分别由虚拟组织参与者执行; P 是虚拟组织在对资源使用时进行协商所采用的策略.在使用相关的资源时,虚拟组织与资源的提供者需要对资源的使用达成一致意见,如使用时间、价格

等,因此需要虚拟组织和资源提供者进行协商确定. 协商策略用于定义虚拟组织如何与资源提供者进行协商. 协商分为一对一和一对多两种情况. 其中一对多的协商中的策略包括 English, Dutch, Vickrey 和 First-Price Sealed Bid^[11]; $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 是对虚拟组织的约束, 包括虚拟组织的时间限制以及对参与虚拟组织中的成员的功能和非功能的限制等; O 表示虚拟组织的盟主的标识. 盟主标识由系统在用户注册时自动分配.

任何组织或个人都可以成为盟主并创建虚拟组织以完成自身的需求, 但在选择虚拟组织的参与者时, 虚拟组织参与者可以决定是否加入当前盟主创建的虚拟组织.

(2) *Role* 表示参与到虚拟组织中人员和角色以及人员与角色、角色与角色之间的关系, 可以定义为 $Role = (U, R, RI)$, 其中, U 表示虚拟组织中的用户; R 表示虚拟组织中的角色; RI 表示虚拟组织中用户与角色之间的关系以及角色之间的继承关系.

当一个虚拟组织构建时, 虚拟组织中默认存在一个用户和角色. 用户是虚拟组织构建者的标识, 而角色是盟主. 虚拟组织构建者拥有盟主角色.

(3) *Process* 表示虚拟组织中的业务流程、服务以及相互之间的协作关系, 定义为 $Process = (Pr, RI, ECA)$. 然而, 当业务流程加入到虚拟组织中时, 业务流程的拥有者一般不会完全对外开放流程信息, 从而使得虚拟组织中的人员可以完全了解流程的运作情况. 因此, 我们引入“协作点”的概念.

定义 1. 一个协作点是共享的业务流程片断中的一个任务节点或者一个单独的服务.

资源提供者在加入虚拟组织时, 需要共享资源, 而资源可能是流程中的一个片断, 也可能是单独的服务. 我们把共享的流程片断中的任务节点或者单独的服务称为协作点, 盟主可以在协作点之上定义协作关系. 以协作点而不是整个流程的方式加入虚拟组织带来两个方面的好处: 首先, 可以保护整个业务流程, 对外屏蔽流程内部细节. 其次, 只要协作点不发生改变, 流程内部的调整不会影响与其它流程之间的协作关系. 同属于一个业务流程的协作点之间存在关联关系, 我们把这种关系定义为依赖关系 (depend).

定义 2. 一个业务流程的一次执行所经过的任务节点的序列称为该业务流程的一条执行路径 (Execution Path), 记为 EP .

由于业务流程的每次执行可能经过不同的节

点, 因此一个业务流程的执行路径可能存在多条.

定义 3. 对于协作点 S_1 和 S_2 , 如果 $\exists EP_i$, 并且 $S_1, S_2 \in EP_i$, 使得 S_1 先于 S_2 执行, 则称 S_1, S_2 存在先序关系, 记为 $S_1 > S_2$.

定义 4. 协作点 S_2 依赖于协作点 S_1 , 当且仅当 $S_1, S_2 \in EP_i, S_1 > S_2$. 记为 $depend(S_1, S_2)$.

协作关系表示虚拟组织中的流程与流程之间以及流程与服务之间的约束关系. 一个流程内部的任务节点之间存在两种关系: 逻辑上的控制关系以及节点之间的数据流转关系. 因此, 在虚拟组织中的不同流程中的任务节点之间也可以定义这两类协作关系. 在虚拟组织运行过程中, 盟主以及其他参与者需要了解虚拟组织的运作情况, 因此, 需要对虚拟组织中的服务节点进行监控. 同时, 不同流程中的任务节点之间也会存在时间上的约束关系, 如流程 p_1 中的节点 a 必须在流程 p_2 中的节点 b 执行后的一段时间内执行. 对于这三种关系, 我们分别定义三类规则来进行描述:

(a) 逻辑控制规则 (logic rule): 定义协作点之间在逻辑上的约束关系. 任意两个协作点之间可以定义逻辑规则.

(b) 数据流转规则 (data rule): 定义协作点之间的数据流转关系.

然而, 任意两个协作点之间并不一定能够定义数据流转关系, 因此, 我们给出如下定义.

定义 5. 对于协作点 S_1 和 S_2 , 它们之间可以定义数据流转规则, 当且仅当 S_1 的输出集合 $O_{S_1} = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$, S_2 的输入集合 $I_{S_2} = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$, $\exists O_i \in O_{S_1}, \exists I_j \in I_{S_2}, SemanticMatch(O_i, I_j) = true$.

也就是说, 在两个协作点之间, 只要存在输出和输入的语义匹配, 即可定义两个协作点之间的数据流转关系. 其中 $SemanticMatch$ 是语义匹配函数, 语义匹配根据输出和输入所引用的本体概念之间的关系进行.

(c) 监控规则 (Monitor rule): 定义对虚拟组织中资源的监控以及协作点之间的相互监控关系.

然而在虚拟组织运行的过程中, 虚拟组织成员的变化会引起成员资源可用性的变化, 而资源可用性的变化将影响虚拟组织的运行. 因此, 我们引入事件^[12]概念, 并通过建模时在业务层次定义 ECA 规则, 以描述在发生事件时如何触发相应的操作. 虚拟组织引擎在运行过程中监控资源的状态, 根据资源的状态产生相应的事件并触发 ECA 规则中相应事

件对应的动作.如合作伙伴的资源不可用时,将触发合作伙伴的重新选择.

(4) *Authorization* 表示在业务层次定义的访问控制信息. $Authorization = (RI)$, 其中 $RI \subseteq R \times S$, R 表示虚拟组织中的角色, S 表示协作点.

2.3 生命周期模型

虚拟组织是目标驱动的,任务到达时,盟主开始构建虚拟组织,构建完毕后运作.当所有任务完成后,虚拟组织解体,虚拟组织中的成员又回到相对独立的状态.为了明确地表述虚拟组织的运作过程,我们给出虚拟组织生命周期模型如图 2 所示.

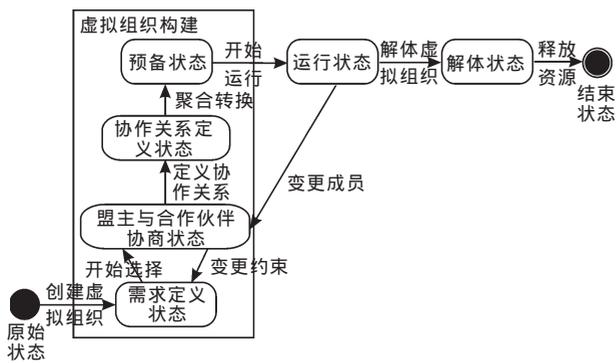


图 2 生命周期模型

该生命周期模型可以通过有限状态机表示为 $VOFSM = (S, O, \delta, q_0, F)$, 其中各项意义如下:

(1) S 是有限的虚拟组织的状态集合, 包括在虚拟组织的生命周期中可能处于的状态.

原始状态. 此时不同的组织处于相对独立的状态, 相互之间没有联系.

需求定义状态. 处于此状态时, 虚拟组织盟主可以定义虚拟组织的目标需求并对目标进行分解, 定义对合作伙伴的约束. 同时定义虚拟组织的角色和用户.

盟主与合作伙伴协商状态. 盟主定义虚拟组织的基本信息后, 进入虚拟组织的盟主与合作伙伴协商状态. 在这一状态中, 针对每个需要合作伙伴完成的任务, 与可选择的合作伙伴进行协商, 确定加入到虚拟组织的成员.

协作关系定义状态. 当所有的合作伙伴以及合作伙伴提供的流程、服务资源被选择到虚拟组织后, 在协作点之间定义协作关系.

预备状态. 定义完协作关系, 并通过聚合将业务流程转换到软件层面流程后处于的状态, 此时的虚拟组织可运行.

运作状态. 虚拟组织的用户登录到虚拟组织门户, 分别完成相关的任务. 如果在运作过程中虚拟组

织的参与者发生变化, 将返回到合作伙伴选择状态.

解体状态. 虚拟组织中的所有任务运行完毕, 或者盟主停止虚拟组织的继续运行, 解体虚拟组织后进入此状态.

结束状态. 释放资源后, 所有的参与者又回到相互独立的状态.

(2) O 是有限操作的集合, 是所有可以施加在虚拟组织上的操作. 包括

Construct. 此操作由盟主执行, 用于创建一个新的虚拟组织. 系统会自动生成一个空的虚拟组织并分配虚拟组织 ID , 虚拟组织创建者的标识填充 *Stakeholder* 中的 O , 即盟主. 盟主需要设定虚拟组织的名称 N 、目标 G 、协商策略 P 以及对参与者的约束 C . 同时盟主需要定义虚拟组织用户 U 和角色 R 并定义用户角色之间的关系.

Select. 此操作由盟主执行, 用于协商选择虚拟组织中的合作伙伴. 系统根据设定的约束 C 进行匹配, 对于每个任务匹配可选的资源集合, 资源可能是服务, 也可能是流程. 如果需要协商, 则根据虚拟组织的协商策略 P 与资源提供者进行协商.

Modify. 此操作由盟主执行, 用于修改虚拟组织的需求约束. 严格的约束可能导致无法找到合作伙伴, 此时盟主需要修改对参与者的约束 C , 使得能够匹配到参与者.

Define. 此操作由盟主执行, 用于在协作点之间定义协作关系. 盟主根据虚拟组织协作需求使用协作规则定义协作关系. 同时定义虚拟组织用户角色与任务节点间的权限关系 *Authorization*.

Converge. 此操作由盟主执行, 用于聚合生成可运行虚拟组织. 此时将业务流程和服务根据协作关系生成软件流程.

Run. 用于虚拟组织的运作. 在转换时, 不同组织的业务流程分别转换为软件流程. 因此, 不同的组织可以自主决定自身流程的执行.

Change. 用于虚拟组织成员变更. 成员资源的不可用将产生相应的事件, 触发后虚拟组织停止运作, 并转移到合作伙伴选择状态.

Dissolve. 用于虚拟组织的解体. 当虚拟组织运行完毕, 合作伙伴之间的协作关系解除.

Release. 用于释放合作伙伴的资源. 此时, 虚拟组织中的用户角色与虚拟组织参与者的用户角色取消映射, 参与者的资源对当前虚拟组织不再可用.

(3) δ 是状态转移函数, 定义了虚拟组织的管理操作对虚拟组织状态的影响.

Construct 操作作用于原始状态上, 触发一个新的虚拟组织的构建, 为虚拟组织分配唯一标识, 操作的结果是虚拟组织进入需求定义状态。

Select 操作作用于需求定义状态上, 操作的结果是虚拟组织进入盟主与合作伙伴协商状态。

Modify 操作作用于盟主与合作伙伴协商状态上, 操作的结果是使得虚拟组织重新进入需求定义状态。

Define 操作作用于盟主与合作伙伴协商状态, 操作的结果是使得虚拟组织进入到协作关系定义状态。

Converge 操作作用于协作关系定义状态上, 操作的结果是使得虚拟组织进入预备状态。

Run 操作作用于预备状态上, 操作的结果是使得虚拟组织处于运行状态。

Change 操作作用于运行状态上, 操作的结果是使得虚拟组织进入到盟主与合作伙伴协商状态。

Dissolve 操作作用于运行状态上, 操作的结果是使得虚拟组织进入解体状态。

Release 操作作用于解体状态上, 操作的结果是使得虚拟组织进入结束状态。

(4) 初态 $q_0 = \text{原始状态}$ 。

(5) 终止态集 $F = \{\text{结束状态}\}$ 。

虚拟组织生命周期模型描述了虚拟组织从构建到解体的整个过程, 为虚拟组织的运作提供了理论上的支撑, 可以指导盟主构建虚拟组织。

3 服务虚拟组织建模

在 SHALOM 模型的支撑下, 为了保证构建的虚拟组织能够完成目标, 需要有相应的建模方法和支撑机制保证虚拟组织的构建和运行。虚拟组织的建模过程如下:

(1) 盟主根据虚拟组织的目标需求设定虚拟组织的基本信息, 并对目标进行任务分解。

盟主根据虚拟组织的目标将任务分解为多个子任务, 使用业务服务来描述虚拟组织的需求。在对任务分解的过程中, 可以从两个方面进行考虑: ①已有的为完成任务而制定的规章制度和经验; ②虚拟组织本身的约束, 如时间要求。对于每个分解后的任务可以进一步分解成为子任务, 从而使得整个任务分解为一颗任务树。任务树的叶子节点为需要虚拟组织的参与者完成的任务。盟主可以在叶子节点上定义对子任务的约束, 这些约束成为虚拟组织成员选择的基础。在分解任务时, 可以通过本体的方式描

述任务之间的先后关系^[13], 通过任务之间的先后关系描述, 我们可以在一定程度上自动完成任务的分解。

(2) 分析虚拟组织中需要的用户和角色, 并分析用户、角色以及角色和角色之间的关系。

(3) 根据(1)中得到的对子任务的约束, 盟主对每个子任务选择合作伙伴以及完成任务的业务流程和服务。

(4) 盟主在不同合作伙伴的业务流程和服务之间定义协作关系。

对于任务树的每个叶子节点以及施加在叶子节点上的约束, 匹配可选择的虚拟组织参与者。在匹配合作伙伴时, 采用事件^[12]发布订阅的方式进行匹配。通过流程对事件的订阅来匹配选取相关的业务流程。我们把任务 t_i 的可选成员集合记为 p_{t_i} 。

对于虚拟组织中的每个任务, 需要找到相关的合作伙伴才能保证虚拟组织的运作。因此, 我们定义虚拟组织的完备性如下。

定义 6. 虚拟组织是完备的, 当且仅当对于 $\forall t_i, p_{t_i} \neq \emptyset$ 。

盟主确定合作伙伴后, 在合作伙伴的协作点之间定义协作关系。然而, 由于参与虚拟组织的合作伙伴的业务流程或服务资源来自不同的地方, 因此, 有可能使得不同参与者的协作点之间存在循环依赖, 从而在运行时引起死锁。所以, 需要有相应的机制来保证虚拟组织的安全性。

定义 7. 虚拟组织是安全的, 当且仅当定义协作关系后, 协作点之间不存在循环依赖。

对于跨组织工作流的验证分析, 已经取得一定的研究成果^[14,15]。这些研究采用 Petri 网的基本原理, 将流程转换为 Petri 网或 Petri 网的变体进行验证。然而, 将流程以及流程之间的协作关系转换为 Petri 网是一件非常困难的事情, 需要专业的 Petri 网建模与分析知识。因此, 对于面向最终业务用户使用的虚拟组织构建方法, 不能够采用 Petri 网的验证方法。我们必须为用户提供死锁的即时自动检测功能, 当用户加入新的协作关系时, 由系统来自动进行判断新的协作关系是否会引起冲突, 当冲突产生时, 提示用户修改新增加的协作关系。

分析死锁产生的情况, 我们可以得到死锁是因为循环依赖产生的, 也就是说, 对于一个节点, 如果存在死锁, 总可以找到一条依赖路径, 通过依赖的传递使得节点依赖于自身。基于这点出发, 我们采用图的宽度优先遍历算法判断。我们使用矩阵作为存储结构, 矩阵取值为 0 或 1, 定义如下:

$$Matrix[i][j]=$$

$$\begin{cases} 1, & \text{depend}(i,j) \text{ 或者 } i,j \text{ 已定义协作关系} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$$

下面给出该算法。

算法 1. 在协作点 a 和 b 之间增加协作规则时的死锁检测。

```
int Matrix[n][n]; //n 表示虚拟组织中的协作点个数
Queue q; //保存中间运行结果的队列
```

```
InitializeMatrix(n,n);
```

```
//根据流程内部协作点之间的依赖关系以及
//已经定义的协作关系初始化矩阵. 如果两
//个节点之间存在依赖关系或者协作关系,
//则对应的矩阵中元素值为 1
```

```
Matrix[a][b]=1;
```

```
//设定协作点 a,b 之间的依赖关系
```

```
for(int i=0; i<n; i++)
```

```
{
    if(Matrix[a][i]==1)q.inQueue(i);
    //将所有依赖于 a 的节点入队列
}
```

```
while( !q.isEmpty())
```

```
{
    m=q.outQueue();
    if(m==a) return true; //如果依赖节点中存在 a,
    //则说明存在死锁
    for(int i=0; i<n; i++)
        if(Matrix[m][i]==1) q.inQueue(i);
    //依赖于 m 的节点入队列
}
```

```
return false; //当前协作关系不会引起死锁
```

(5) 分析虚拟组织中的用户对流程中任务的执行权限, 同时将虚拟组织中的用户和角色映射到拥有具体资源的虚拟组织参与者的用户和角色, 使得虚拟组织中的用户能够使用合作伙伴的资源。

4 实现和应用

4.1 虚拟组织支撑框架

为了支撑虚拟组织的运作与管理, 我们在 VINCA 服务网格的基础上开发了有关虚拟组织的相应模块, 整个框架分三部分(如图 3 所示):

VINCA 网格计算基础设施. 包括 Web 服务的注册与发布管理、服务虚拟化、业务服务定义与管理、规范管理. Web 服务管理、业务服务管理和服务虚拟化需要使用规范管理创建的规范. 规范是虚拟组织中成员之间合作的语义基础。

执行环境. 虚拟组织使用聚合转换为可运行的虚拟组织后, 由虚拟组织使能引擎负责执行. 在执行

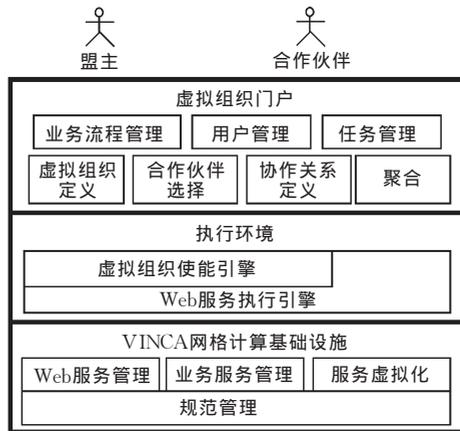


图 3 虚拟组织支撑框架

过程中, 虚拟组织使能引擎需要调用 Web 服务执行引擎提供的功能。

虚拟组织门户. 盟主和合作伙伴通过门户完成相应的功能. 合作伙伴能够使用的功能包括业务流程管理和任务管理. 业务流程管理包括合作伙伴自身业务流程的构建和管理, 而任务管理用于管理在虚拟组织运行过程中需要合作伙伴完成的任务。

4.2 应用实例

本文提出的 SHALOM 模型和构建运作方法已经在—个低成本电子政务项目中得到实际应用. 该项目面对的问题是: ① 各部门有自身的业务系统, 但由于部门之间应用系统的多样性和异构性, 无法实现共享. ② 部门之间的数据不连通, 目前采用的人工数据交换的方式效率低并容易产生错误. ③ 部门之间业务不连通, 目前采用的完全人工的协同方式很难保证协同的规范性和有效性。

使用 VINCA 网格平台, 通过对部门的业务系统进行封装并即时接入网格平台, 部门之间可以实现资源的共享. 同时不同的部门使用 VINCA 语言定义部门内的业务流程, 可以使用网格环境下的资源来完成部门的业务需求. 引入服务虚拟组织主要解决了如何根据任务动态选取相关部门的业务流程和服务资源来实现部门之间的业务协同问题。

我们以该项目中的年度经济计划制定为场景来介绍虚拟组织建模方法的应用过程。

为制定下年度的经济计划指标, 决策部门首先确定要完成的目标任务, 然后根据任务再选择相关的部门, 比如制定农业局和经贸局下年度经济计划. 农业局、经贸局首先分别根据往年的经济计划指标执行情况制定本部门的下年度经济计划指标, 在制定的过程中, 需参考上级制定的下年度经济计划指导框架. 每个部门的经济计划指标提交给发改局, 发改局调整后提交给审核机构审核, 审核通过后, 再由

发改局细化后发给农业局和经贸局. 而部门之间如何协作则由决策部门负责监督指导.

应用本文提出的虚拟组织建模方法, 得出可运行的虚拟组织的过程如下:

(1) 由于决策部门拥有最高的权利并监督整个任务的执行过程, 因此, 决策部门成为虚拟组织的盟主. 决策部门根据制定经济计划的政策运转规则, 对任务进行分解. 决策部门设定每个参与者需要完成的任务, 并根据任务需求设定虚拟组织的各种约束. 如制定计划任务必须在 10 月份之前完成. 通过任务分解, 我们可以得到如下任务树(图 4).

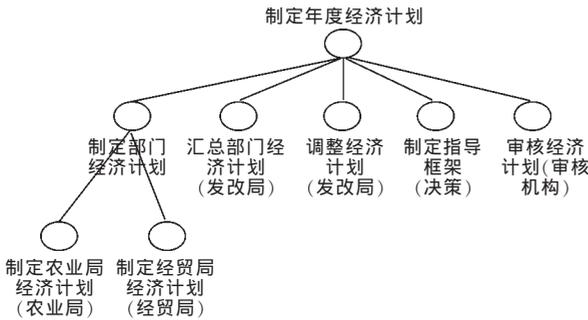


图 4 任务分解树

(2) 分析确定参与到虚拟组织中的用户和角色, 决策部门可以根据具体情况定义.

(3) 根据各个部门的事件订阅信息和虚拟组织对协作点的限制信息动态选取完成相应功能的业务流程. 假设虚拟组织中选定了以下流程, 为了更好地说明问题, 我们对实际业务流程进行了简化, 如图 5 所示.

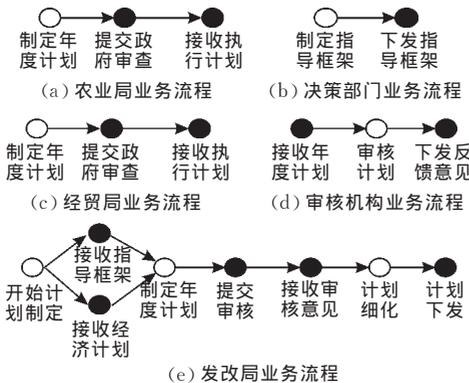


图 5 各部门协作业务流程

图 5 中黑色节点表示业务流程中的协作点, 只有协作点才可以被其他有权限人员查看. 如果部门的业务流程不能满足协作需求, 虚拟组织的盟主与相关部门交互, 共同确定部门的业务流程需要发布的协作点.

(4) 决策部门使用协作关系定义工具在不同部

门的业务流程之间定义协作关系. 定义协作关系后的虚拟组织如图 6 所示, 我们假设只有数据流转关系.

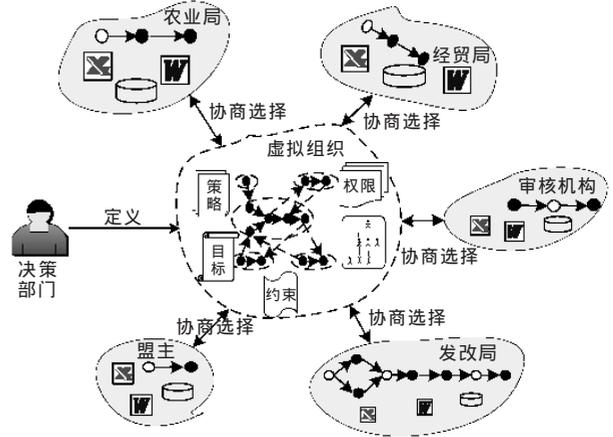


图 6 经济计划制定虚拟组织

(5) 决策部门在(2)中定义的用户和角色以及在(3)中得到的流程中的协作点之间定义权限, 并将角色和用户与每个部门的具体角色和用户建立映射关系.

综上所述, 可以得到虚拟组织的模型描述如附表 1 所示.

定义协作关系后, 聚合工具根据附表 1 中的虚拟组织模型聚合生成可运行虚拟组织.

以上所述的低成本电子政务项目通过使用 VINCA 服务网格平台, 实现了各局、办以及多个企业之间的资源的即时共享, 实现了垂直部门之间数据即时上报以及经济数据及经济运行情况报告的按需流动. 通过按需即时构建服务虚拟组织, 实现了跨组织跨部门的柔性协同, 因此可以在不改变每个部门内部业务流程的基础上, 实现跨部门流程之间在业务层次的动态协同. 提高了部门之间的协作效率, 为构建服务型政府提供了信息基础支撑.

5 讨 论

以盟主为核心的服务虚拟组织模型 SHALOM 有以下几个方面特点:

(1) 以 IT 人员为主导的虚拟组织构建方式转变为以业务人员为主导的虚拟组织构建方式. 虚拟组织的构建通过在业务层次定义流程及其协作关系完成, 而不用关心软件层次的具体技术细节.

(2) 在虚拟组织中定义用户和角色, 并与虚拟组织参与者的用户和角色动态映射, 实现虚拟组织用户权限的灵活配置.

(3) 通过定义业务流程之间的协作关系, 并分

别根据协作关系聚合生成软件流程,实现不同部门业务流程之间的松散耦合.从而支持以多个流程为核心的虚拟组织的构建和运作.

(4)以盟主为核心,通过盟主来负责虚拟组织的目标定义和选择虚拟组织的成员,便于虚拟组织的管理与运作.

针对多个组织动态构建虚拟组织以协同进行问题求解,存在以下相关研究成果. DynaFlow^[16]和 CrossFlow^[17]从跨组织工作流的角度出发,应用工作流协同不同组织的应用. DynaFlow 针对虚拟企业的动态特性,提出了一个工作流管理技术,用于跨企业边界的动态工作流管理,通过扩展 WfMC 的 WPD,在其中加入连接器、事件、触发器和规则,给出了一个动态工作流模型 DWM,并且基于约束的动态服务绑定机制能够有效地支持 E-Services 的应用. CrossFlow 提供了一套机制用于连接在跨组织工作流和电子商务环境中的工作流管理系统以及其它类似于工作流管理系统的系统,定义了一个面向服务的跨组织工作流模型,服务声明它可以执行工作流的哪一部分.对于一个外部服务,运行时的服务选择基于对服务的 QoS 描述,同时还提供了一个灵活的变更管理机制以应对工作流执行过程中可能产生的问题.然而从跨组织流程层面考虑不同组织之间的协作,由于需要事先定义好流程,因此会增加不同部门应用之间的耦合性.由于虚拟组织的动态特性,相互之间的协作关系会经常发生变化,这将导致跨组织工作流流程的变更,然而由于涉及到不同部门的流程,变更将会很困难. RosettaNet^①和 ebXML^②则从不同部门之间的交互入手. RosettaNet 提供了一个公共交流平台,允许参与业务流程的不同贸易伙伴自动化流程并在 Internet 上执行,它与 EDI 的主要区别在于,EDI 侧重于部门之间交换文档,而 RosettaNet 则侧重于跨网络定义业务流程并对其进行集成,以确定最佳的操作过程.在 RosettaNet 中使用 PIP (Partner Interface Process) 定义合作伙伴之间的业务流程,通过 PIP 将不同部门内部的业务流程连接起来.然而在 RosettaNet 模式下的供应链组织结构是由大中型企业构成的、并且围绕着一个或者几个核心企业的紧耦合.实施费用昂贵,并且系统的有限灵活性也在一定程度上加强了特定企业间的关联性. ebXML 开发了一个以 XML 为基础的电子商务的基础结构,并逐步拓展出一个统一的全球性电子交易市场,能够使得任何规模、任何行业的企业之间在世界任何地方发现对方,协商成为业务伙伴.它使用业务过程模型描述合作伙伴间进行合作的互操作的业务过程,为了实现

互操作性,必须按照统一的模式来表示业务过程.为了能够使得其它企业发现自身,企业必须注册登记 CPP 描述自身的电子商务能力供潜在的贸易伙伴检索. ebXML 提供的供应链体现出较强的动态性,然而,主要侧重于 B2B,对于多个部门之间对同一任务的灵活协同很难支持.

本研究从业务层次以及流程之间的协作入手,在 VINCA 服务网格平台的基础上,提出一个有盟主的服务虚拟组织模型.利用 VINCA 面向最终用户的特征,盟主可以在业务层面按需即时选择相关部门的业务流程等资源构建虚拟组织.采用聚合的方式转换为可运行虚拟组织,使得盟主以及虚拟组织的参与者可以不考虑软件流程的构建而屏蔽软件技术细节.

6 结束语

本文提出的虚拟组织构建方法虽然已经在实际的电子政务项目中得到应用,然而,安全性是影响该方法进一步应用的一个关键问题.由于网格处于一个开放的环境中,任何组织或者个人都可以发布资源,如何评价资源提供者的可信度是一个很重要的问题.在网格环境下,大量的资源存在使得虚拟组织在查找合作伙伴时的效率也不容忽视.因此,需要对影响资源匹配的因素进行建模,优化虚拟组织成员查找方法.同时,在网格环境下,如何在虚拟组织的合作伙伴之间建立对资源的使用契约也是一个需要进一步解决的问题,因此需要对资源提供者的资源提供能力以及资源的使用时间等进行协商.协商的内容以及协议是需要解决的问题.在构建虚拟组织的过程中,我们只考虑了盟主对加入到虚拟组织的合作伙伴的要求,而并未考虑合作伙伴自身的要求,如合作伙伴 *a* 要求不与 *b* 同时参与一个虚拟组织,因此,我们也需要对这些情况进一步建模分析.

参 考 文 献

- 1 Foster I., Kesselman C., Tuecke S.. The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations. International Journal of High Performance Computing Applications, 2001, 15(3): 200~222
- 2 Foster I.. The grid: A new infrastructure for 21st century science. Physics Today, 2002, 55(2): 42~47
- 3 Erl T.. Service-Oriented Architecture, Concepts, Technology, and Design. New York: Prentice Hall, 2005

① <http://www.rosettanet.org>

② <http://www.ebxml.org>

- 4 Foster I., Jennings N. R., Kesselman C.. Brain meets brawn: Why grid and agents need each other. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS'04), New York, USA, 2004, 8~15
- 5 Wooldridge M., Jennings N. R.. Intelligent agents: Theory and practice. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115~152
- 6 Jablonski S., Bussler C.. Workflow Management Modeling Concepts, Architecture and Implementation. London: Thomson Computer Press, 1996
- 7 Shao J., Gray W. A., Fiddian N. J., Deora V. *et al.* Support formation and operation of virtual organizations in a grid environment. In: Proceedings of the UK OST e-Science Second All Hands Meeting (AHM'04), Nottingham, UK, 2004, 376~383
- 8 Russell D., Dew P., Djemame K.. Access control for dynamic virtual organisations. In: Proceedings of the UK OST e-Science second All Hands Meeting (AHM'04), Nottingham, UK, 2004, 332~339
- 9 Han Y., Geng H., Li H., Xiong J. *et al.* VINCA—A visual and personalized Business-level composition language for chaining Web-based services. In: Proceedings of the International Conference on Service Oriented Computing, Trento, Italy, 2003, (2910): 165~177
- 10 Zhao Z., Han Y., Wang J., Huang K.. A reflective approach to keeping Business characteristics in Business-end service composition. In: Proceedings of the 5th International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE'04), Brisbane, Australia, 2004, 479~490
- 11 Shen W., Li Y., Ghenniwa H. H., Wang C.. Adaptive negotiation for agent-based grid computing. In: Proceedings of the AAMAS Workshop on Agentcities: Challenges in Open Agent Environments, Bologna, Italy, 2002, 32~36
- 12 Li Hou-Fu, Han Yan-Bo, Hu Song-Lin, Shan Bao-Hua, Liang Ying. An approach to constructing service-oriented and event-driven application dynamic alliances. Chinese Journal of Computers, 2005, 28(4): 739~749 (in Chinese)
(李厚福, 韩燕波, 虎嵩林, 单保华, 梁英. 一种面向服务、事件驱动的企业应用动态联盟构造方法. 计算机学报, 2005, 28(4): 739~749)
- 13 Song W., Li X.. A conceptual modeling approach to virtual organizations in the grid. In: Proceedings of the 4th International Conference on Grid and Cooperative Computing, Beijing, China, 2005, 382~393
- 14 WMP van der Aalst. Modeling and analyzing interorganizational workflows. In: Proceedings of the 1st International Conference on Application of Concurrency to System Design, Fukushima, Japan, 1998, 262~272
- 15 Lenz K., Oberweis A.. Modeling interorganizational workflows with XML nets. In: Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-34), Maui, Hawaii, 2001, 7052
- 16 Meng J., Su S. Y. W., Lam H., Helal A., Xian J., Liu X. *et al.* DynaFlow: A dynamic inter-organization workflow management system. The International Journal of Business Process Integration and Management (IJBPIM), 2005, 1(2): 101~115
- 17 Grefen P., Hoffner Y.. CrossFlow: Cross-organizational workflow support for virtual organizations. In: Proceedings of the 9th International Workshop on Research Issues on Data Engineering: Information Technology for Virtual Enterprises (RIDE'98), Sydney, Australia, 1999, 90~91

附表 1 经济计划制定虚拟组织描述

Stakeholder	ID	3efe4460-b280-11da-a746-0800200c9a66
	N	2007 年度经济计划制定
	G	Finish(农业局, 接收执行计划) \wedge Finish(经贸局, 接收执行计划)
	P	无协商
	C	C_1 : FinishTime (http://10.0.2.88:8080/ontology/domain#time) < 200610
	O	决策部门
Role	U	U_1 , 决策部门管理人员, ...
	R	经济计划审核员, 盟主, ...
	Rl	(U_1 , 经济计划审核员), (决策部门管理人员, 盟主), ...
Process	Pr	P_1 : 农业局(提交政府审查, 接收执行计划) $\rightarrow depend$ (提交政府审查, 接收执行计划) P_2 : 经贸局(提交政府审查, 接收执行计划) $\rightarrow depend$ (提交政府审查, 接收执行计划) P_3 : 决策部门(下发指导框架) P_4 : 审核部门(接收年度计划, 下发反馈意见) $\rightarrow depend$ (接收年度计划, 下发反馈意见) P_5 : 发改局(接收经济计划, 接收指导框架, 提交审核, 接收审核意见, 计划下发) $\rightarrow depend$ (接收指导框架, 提交审核) $\wedge depend$ (接收经济计划, 提交审核) $\wedge depend$ (提交审核, 接收审核意见) $\wedge depend$ (接收审核意见, 计划下发)
	Rl	Data(决策部门, 下发指导框架, 指导框架, 经贸局, 接收指导框架, 指导框架) \wedge Data(农业局, 提交政府审查, 年度计划, 发改局, 接收经济计划, 年度计划) \wedge Data(经贸局, 提交政府审查, 年度计划, 发改局, 接收经济计划, 年度计划) \wedge Data(发改局, 提交审核, 年度计划, 审核部门, 接收年度计划, 年度计划) \wedge Data(审核部门, 下发反馈意见, 反馈意见, 发改局, 接收审核意见, 反馈意见) \wedge Data(发改局, 计划下发, 年度计划, 农业局, 接收执行计划, 年度计划) \wedge Data(发改局, 计划下发, 年度计划, 经贸局, 接收执行计划, 年度计划)
	ECA	on change do alert"成员变更"
Authorization	Rl	(经济计划审核员, 审核部门, 接收年度计划), ...



SHAN Bao-Hua, born in 1978, Ph.D. candidate. His current research interests include software integration, business-level programming and service virtual organization modeling.

YANG Dong-Ju, born in 1975, Ph. D., assistant professor. Her current research interests include service grid and

its application, service encapsulation of resources, personalized services recommendation.

ZHANG Li-Yong, born in 1980, Ph. D. candidate. His current research interests include service composition and its runtime environment.

YANG Shao-Hua, born in 1981, Ph. D. candidate. His current research interests include context-aware middleware.

SUN Wei-Qun, born in 1975, Ph. D. candidate. His current research interests include security of service grid.

Background

The major research interests of this group are software integration, dynamic services composition, Service Grid, and context-aware computing. This paper is primarily supported by the National Natural Science Foundation of China (NSFC) under grant No. 90412005, which involves the research works about dynamic services composition including virtual organization in service Grid. This paper proposes a stakeholder centric virtual organization model (SHALOM) to facil-

itate the construction of service virtual organization in grid. Using SHALOM, A stakeholder can define requirement in business level and partners can be dynamically selected through the matching between business level requirements and services provided by partners. After being defined the collaboration relations between services and tasks of processes, the virtual organization is converged to a workable virtual organization.

• 欢迎投稿 •

《高性能计算技术》征稿启事

办刊宗旨:重点刊载国内外高性能计算机的最新动态,及时报道高性能计算领域的新技术、新知识和科研及应用成果,广泛开展高性能计算技术研究与学术技术交流。

主要栏目:专家视点(或院士专稿),高性能计算前沿概览,高性能计算热点技术研究,高性能计算应用分析和高性能计算信息动态。

读者对象:广大高性能计算学术研究人员、高性能计算技术应用与开发人员、军内外科研单位的工程技术人员及管理干部、高等院校的有关师生等。

投稿须知:推荐使用 Microsoft Word 2000 及以上版本软件撰写稿件,请勿对论文进行复杂排版,文中插图请直接使用 Word 中的画图工具或 Microsoft Visio 2000 及以上版本软件完成。来稿请注明作者姓名、工作单位、通信地址、邮政编码、E-mail 地址等。文中摘编或引用他人作品时,请按照《著作权法》有关规定指明作者姓名、作品名称及其来源,在文后参考文献表中列出。未公开发表的资料请勿列入参考文献,必要时,可在文中加注或脚注,说明作者、文题和来源。

国内统一刊号: CN32-1679/TP

编辑出版:《高性能计算技术》编辑部

通信地址:江苏省无锡市 33 信箱 353 号

联系电话: 0510-85155560

邮政编码: 214083

E-mail: bjb@china.com