

# 网格计算经济中资源的可靠性控制

马满福, 姚 军

(西北师范大学 数信学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘 要:** 针对网格资源的可靠性问题, 提出了一个包括注册真实性、信任评价和调度契约构成的分层控制模型。针对该模型, 提出了资源注册信息的验证方法和契约的模式。仿真实验表明, 该模型在资源注册信息验证的基础上, 优先调用了信息真实、运行可靠的资源, 通过可靠性资源的选择和控制促进了计算经济的可靠性。

**关键词:** 网格计算经济; 网格资源; 可靠性; 验证; 契约

**中图分类号:** TP302 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024(2008)02-0337-03

## Resource reliability control for grid computing economy

MA Man-fu, YAO Jun

(College of Mathematics and Information Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** A reliability control model of grid resource is proposed by sandwich which include facticity enrolling, credit evaluating and scheduling contract. Based on the control model, enroll information validating of grid resource and contract schema is discussed in detail. Finally, simulations performed to compare the performance of reliability control scheduling algorithm with that of the none reliability control. The experiments show that the reliability control scheduling algorithm is efficient on resource selecting and valuable within grid computing economy environments.

**Key words:** grid computing economy; grid resource; reliability; enrolling validating; contract

### 0 引 言

在网格资源环境中, 资源的可靠性体现在资源注册信息的真实性和完成任务的能力两个方面。首先, 资源注册是一个以(grid service providers, GSP)为主导的过程, 该过程调用网格资源管理系统提供的 API, 对自身信息和资源信息进行登记。这种简单的处理方法给资源的可靠性和真实性带来了巨大的隐患, 如虚假资源、夸大资源能力等。从而能导致对用户任务完成情况的不确定性, 给用户造成经济上的损失。虚假注册信息的后果是: GSP 取得非正常收益; 用户任务执行失败(超出时间、预算约束或者执行中断); 网格资源调度性能下降、形成系统中其它资源的浪费; 用户对网格的信任度下降。保证注册信息的真实性是资源调度的基础, 也是网格吸引用户, 不断壮大发展的基本保障, 注册信息的真实性也是预防欺诈的一种措施。其次, 资源完成任务的能力和资源的调度环境、完好状态等相关, 其特征只能在调度过程中体现出来。本文通过资源注册的真实性和调度过程中的信誉度评价, 实现可靠性控制。

当前对于网格资源可靠性研究的内容几乎是空白, 还没有开展, 仅见到的有任勋益、王汝传等提出的文献[1]。该设计

方案在信任问题上需要用户在每次调用时进行一次验证过程, 显然给用户带来了负担。我们提出的方案则对真实性和可靠性由管理域的基础设施专门完成, 提高了效率, 同时也提高了管理的有效性。

### 1 可靠性控制模型

根据网格资源调度模型和网格分层结构的功能划分, 可靠性控制模型结构如图 1 所示。



图 1 可靠性控制模型

注册真实性审查主要实现资源注册过程中信息的真实、可靠; 信任评价对资源调度过程中资源的行为进行评价, 实现对其的约束; 调度契约对一次资源的调度进行了详细约定, 包含支付方式和调度失败时的经济补偿, 尽可能减少用户的损

收稿日期: 2007-02-11 E-mail: mamanff@sohu.com

基金项目: 甘肃省科技攻关基金项目(2GS064-A52-035-03)。

作者简介: 马满福(1968-), 男, 甘肃甘谷人, 博士, 副教授, 研究方向为计算机系统结构、移动计算; 姚军(1967-), 女, 甘肃白银人, 讲师, 研究方向为计算机系统结构、网格计算。

失,实现安全的支付。模型中,网格域管理者(网格基础设施)负责实体注册信息的真实性和实体的信任评价,而调度契约由资源调度双方约定,由网格基础设施实现。

本文中,信任评价的目的在于寻找更可靠的资源和合作方,尽可能防止虚假信息给任务执行带来的危害。我们采用了文献[2-4]提出的信誉度模型和调度算法。

## 2 注册真实性

### 2.1 GSP 和 GSC 注册

GSC/GSP 注册过程如图 2 所示。

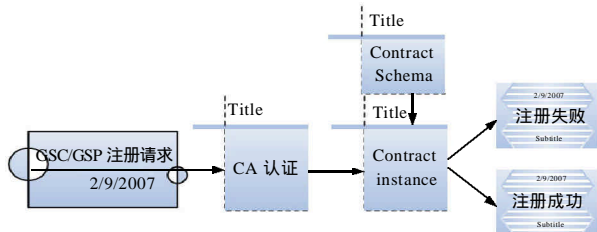


图 2 GSC/GSP 注册过程

借助已有网格安全设施,GSP 和 GSC (grid service consumers)首先必须通过安全要求上的认证,使其具有一个合法的身份。即,获得 X.509 格式的证书(X.509V3)。但从真实性的角度看,该证书能够保证以后他们每次持有的证书是合法、一致的,但无法保证或确信证书的持有者是真实的、可信的。同样,由于缺乏信息的积累,一个新注册的 GSP 或 GSC 对其可信性是难以评价的。因此,本文中对 GSP 和 GSC 审查的主要内容体现为一个注册契约。其结构如下:

```
<Registration-Contract ID >
<participants = [GSC-ID,GSP-ID]
certificate = [certificate ID]
duration = [start-time,end-time]
guarantee = [value of GBank/GSC-ID,GSP-ID]
>
```

上述是一个契约的模式化框架模版,在 GSP 或 GSC 注册生时成一个具体的契约实例。每个契约实例拥有一个唯一的标识 Registration-Contract ID。participants 指出契约的参与者 GSP 或 GSC ;certificate 给出了是注册者持有的 CA 证书编号 ;duration 约定了契约的有效时间,当一个契约到期后,可以续签 ;契约的核心在于 guarantee,它是注册者在网格银行<sup>[9]</sup>存放的保证金额或者第三方担保者的 ID。在契约签署时,注册管理机构从注册者网格银行的账户上划拨一定额度作为保证金,或者由注册者寻找自己可信的第三方(拥有一定信誉度或者能够替注册者划拨保证金)担保。其作用是约束注册者的行为,或作为以后调度中违约行为的赔偿。

### 2.2 资源注册

资源在注册前必须经过真实性审查。资源提出注册请求时,包含自身的描述信息(RSL 描述),注册机构依据这些信息进行验证,当审查结果和自身的描述一致,则允许注册,如图 3 所示。

资源审查通过在线、离线查询、测试等方法验证资源的真实性、功能和能达到的性能,并将所获得的结果和资源自身的

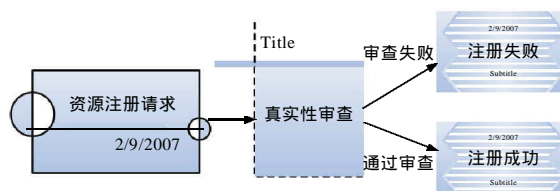


图 3 资源注册过程

描述相比较,证实其描述信息的真实性,然后进行注册。按照验证的需要,我们将资源分为 3 类:硬件资源、软件资源和通信资源。

(1)硬件资源的审查:硬件资源的审查包括真实性审查和资源测试。其中真实性审查首先验证资源所属的 GSP 是否存在,以资源注册时提供的 GSP Registration-Contract ID 为依据,在注册机构进行验证。之后,验证资源的基本信息,主要有提供资源的生产厂家、生产或销售序列号、指标描述等信息。由于硬件资源的类型有限,而且产品构成简单,因此该验证过程所需要的信息可以由注册机构自己组织积累,构成检索数据库,进行本地验证。或者在线和生产厂家、经销厂家验证。资源测试有两种方式:常见硬件资源由注册机构提供测试程序完成,当注册机构不能提供测试程序时,通过资源自己提供的程序进行,如资源可提供测试 URL。注册机构根据测试结果判定当前资源的状态信息,包括性能描述、功能描述、完好情况、所在系统情况等是否真实。

(2)软件资源测试:和硬件资源不同,软件资源往往很难描述和验证其编制者信息,而且对于调用模式和运行环境有更多的要求。软件资源进行验证时,首先应当提供 GSP Registration-Contract ID 供注册机构进行身份验证。然后依据自己提供的调用模式、运行环境和测试 URL,由注册机构进行测试并对结果分析和验证。

通信资源的测试可使用网格天气服务<sup>[6]</sup>获得。资源承诺的时间区段是无法测试的,因为测试就是对时间的消耗,因此,该项不参与测试,通过事后监测的方式来评价。

## 3 资源调度契约

契约是资源调度双方就调度中的具体参数达成的约定,在资源调度前签署。契约体现了在资源调度中 GSC 和 GSP 双方的责任和义务,是一个经济模型的基本要素。调度中,契约要求 GSC、GSP 和资源的信息是真实的,否则无法履行所约定的义务。而且当出现虚假信息时会依据约定受到相应的经济处罚。一个契约的基本组成可描述为:

```
<Contract ID>
<participants = [GSCID,GSPID|resourceID]
interface = [site-name|vo-name]
jobID = [jobID of GSC]
duration = [start-time,end-time]
performance = [start-time,end-time]
price-policy = [discretion]
payment-policy = [discretion]
price = [value]
QoS = [discretion]
```

```
result = [success| fail]
compensate-fee = [value] >
```

上述契约模版在协商一致后,生成一个具体的契约实例。其中,Contract ID 为契约实例标识;participants 指出契约的参与者(GSP、GSC 以及对应的资源);interface 给出了对应资源的调用方法;jobID 指本契约对应的任务 ID;duration 为协议约定的服务开始时间和预期的结束时间;performance 是实际的开始时间和完成时间;price-policy 是价格策略;payment-policy 定义支付策略;price 为资源的使用价格;QoS 是 GSC 对执行任务的质量要求;result 记录资源调度结果,可能的选择有成功和失败;compensate-fee 为调度失败时的补偿金额。

契约中的支付策略和补偿额度实现对虚假信息的约束。其中对于信任度不高或首次合作的 GSC,可能采用事前支付,而对可信赖的参与者,可采用边执行边支付和事后支付<sup>[7]</sup>;补偿额度是本次调度失败时责任方应当给对方的补偿数额,为了保证可执行性,compensate-fee 应当不大于注册契约约定的 guarantee。契约的整个处理过程包括签署、执行和审计<sup>[8]</sup>等,由经济模型中的基础设施支撑完成。

#### 4 验证和评价

由于资源注册相对调度是一个静态的过程,它在资源的常规参数上可以验证,但不能完全保证所有信息都是真实的,尤其在一些 QoS(quality of services)参数上。因此,仿真实验以调度过程中的信任评价为基础进行,这里假定资源全部注册成功。实验中使用了 3 类资源,它们是 CPU、内存和辅存,分属 6 个 GSP,其中一半资源使用了虚假描述,夸大其处理能力。假设资源调度是离散的、随机的事件,可以用泊松分布来建模。以 Nimrod-G 提供的 GRACE(grid architecture for computational economy)为基础,建立仿真环境。

投入仿真的静态物理资源数目为 120 个,分布在 40 个节点上,每个节点既是资源提供者,又是资源请求者,任务和资源在节点上呈均匀分布。因为可靠性和时间匹配无关,这里假设在时间上是一直有效的。根据可靠性模型,评价和信任相关,因此,在系统运行一段时间,以便 GSP、GSC 和资源获得相对稳定的信誉度<sup>[2-4]</sup>值后,开始采集参数。为了系统中能够及时反映资源和参与者的信誉信息并反馈给调度算法,设置信誉度评价周期为 10 个时间单元(/分钟)。为了有更多资源供任务选择,资源是供大于求的。

实验中的参数选择如表 1 所示。

实验针对描述真实资源和失真资源在随时间变化的调度率、完成的交易金额上取得了结果,如表 2 和图 4 所示。

从表 2 可以看出,具有真实描述的资源得到了无论在调度率还是完成的调度金额上都高于虚假描述的资源。其中 CPU 资源、内存和辅存分别高出 82.4%、81.8% 和 78.6%,对应完成的金额依次高出 86.7%、83% 和 84.2%。从契约执行结果看,虚假描述的资源在违约次数上是真实描述资源的数倍甚至接近 10 倍。图 4 反映了从开始调度到完成一个仿真天中 CPU 资源调度次数随时间变化的过程。可以看到,在初期阶段,具有真实描述信息和虚假描述信息的资源在调度次数上相似,但随着时间的推移,具有真实信息的资源被稳定的调

表 1 实验中的参数选择

名称	描述
CPUs	40 个,以 CPU 时间单元的方式提供服务。
CPU slots per CPU	[2..10]
Disks	40 个,硬盘共享单位
任务	限制每个任务对 CPU 的需求在 4~10 个时间单元;对存储的需求在 2~100 个共享单位。为了简化复杂度,在调度中,不允许一个任务的资源请求被两个或两个以上的 GSP 提供。
评价周期 T	一个仿真天 T
Tâtonnement 过程中的 $\alpha$	$\alpha = 1.2$
任务的到达	符合泊松分布
一个仿真天	1440 个时间单元
CPU 资源 GSP (共 2 个)	1 个,提供 20 个 CPU,描述信息真实
	1 个,提供 20 个 CPU,描述信息失真
内存资源 GSP (共 2 个)	1 个,提供 20 个内存共享单位,描述信息真实
	1 个,提供 20 个内存共享单位,描述信息失真
辅存资源 GSP (共 2 个)	1 个,提供 20 个辅存共享单位,描述信息真实
	1 个,提供 20 个辅存共享单位,描述信息失真

表 2 平均调度率和总调度金额

资源类型	平均调度率/%	完成调度总金额/G\$	违约次数
真实 CPU	63.54	7364	33
失真 CPU	11.21	980	256
真实内存	78.98	5469	18
失真内存	14.36	1013	162
真实辅存	57.21	2467	17
失真辅存	12.24	390	97

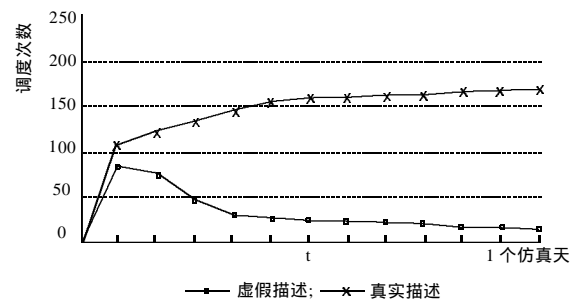


图 4 CPU 调度次数变化

度,逐步进入调度饱和状态,而虚假描述的资源则调度次数急剧下降,逐渐进入饥饿状态。

由于每个资源在开始进入系统后,都经历了一个信誉度等参数的初始获取过程。该阶段,虚假描述的资源 and 真实描述的资源在各个参数上区别不大,但随着调度的进一步进行,虚假描述的资源不能很好的完成任务,资源经过了多个评价周期后,在信誉度上逐渐下降,导致调度中被选中的概率下降。相反,真实描述的资源信誉度逐步提高,被选中的概率也在提高。由此导致了调度率、完成金额等的提高。可见,可靠性控制模型在资源调度过程中,采用了优胜劣汰的方法,使真实有效的资源得以充分调度,而虚假资源在调度过程中淘汰,达到了提高整个网格资源可靠性的目的。(下转第 343 页)

衡分簇算法(load balance clustering LBC)的LBF明显大于最大连通度算法(MAXD)的LBF。可见LBC算法在均衡簇间负载方面比MAXD有明显的优势。

图3显示了负载均衡分簇算法(LBC)和最大连通度分簇算法(MAXD)中最高负载簇的成员节点个数。可见,随着R的增大,两种算法的此项指标都在增大,但MAXD中最高负载簇组员个数约是LBC的两倍。随着R的增大LBC此项指标的增幅小于MAXD。仿真验证LBC算法不但能有效平衡簇间负载,还能有效减轻负载过重簇的负载量。

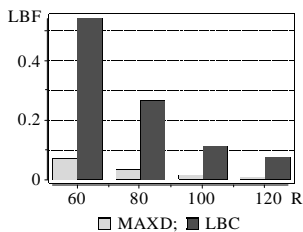


图2 网络LBF

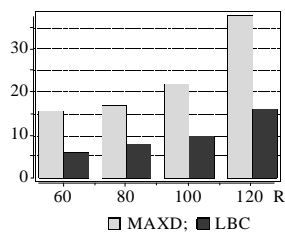


图3 簇最大负载量

## 5 结束语

在基于最大连通度生成簇算法的基础上,本文提出一种改进的负载均衡分簇方法。算法通过网关节点重新选择所属簇平衡簇间负载,并通过分裂高负载簇使分簇结构适应节点分布不均匀的网络拓扑。

经仿真试验证明,此算法确实减小和平衡簇负载方面比传统的最大连通度分簇算法有明显的优势。负载均衡分簇算法存在不足之处,节点必须开辟空间存储更多邻节点信息,在第3阶段将簇分裂后没有考虑进一步平衡新成簇负载。在分簇过程中没有考虑节点能量,计算能力等特性。在以后的

工作中还要进一步根据各头节点能力特性来决定其负载,使分簇结构更加优化。

## 参考文献:

- [1] Akyildiz IF,Su W,Sankarasubramaniam Y,et al.A survey on sensor networks[J].IEEE Communications Magazine,2002,40(8): 102-114.
- [2] 郑少仁,王海涛,赵志峰,等.Ad Hoc网络技术[M].北京:人民邮电出版社,2005:94-110.
- [3] Ya Xu,Solomon Bien.Topology control protocols to conserve energy in wireless Ad Hoc networks[D].Technical Report 6,University of California,Los Angeles,Center for Embedded Networked Computing,2003.
- [4] Heinzelman W,Chandrakasan A.Energy-efficient communication protocol for wireless micro sensor networks[C].Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'00),2000.
- [5] Mainak Chatterjee,Sajal K Das,Damla Turgut.An on-demand weighted clustering algorithm(WCA) for Ad hoc networks[C].Dinesh Verma. IEEE GLOBECOM. San Francisco, CA: IEEE Communication Society Press,2000:1697-1701.
- [6] Heinzelman W,Chandrakasan A,Balakrishnan H.An application-specific protocol architecture for wireless micro sensor networks [J].IEEE Transactions on Wireless Communications,2002,1(4): 660-670.
- [7] Gupta I,Riordan D,Sampalli S.Cluster-head election using fuzzy logic for wireless sensor networks[C].Proc of the 3rd Annual Communication Networks and Services Research Conf.Halifax: IEEE Computer Society,2005:255-260.

(上接第339页)

## 5 结束语

文章将网格资源可靠性控制分为两个阶段进行。首先是资源真实性审查,该阶段,注册机构通过验证、测试等手段判定资源对自身的描述是否真实,只有验证通过后才能完成注册,从而部分的防止了虚假资源进入网格。其次,在资源调度过程中,采用信誉度评估和契约约定的方式限定调度中的行为和经济责任,督促资源遵守自己的承诺。信誉度评价和契约上,文章进行了仿真验证,结果表明,模型达到了选择真实资源的目的,提高了整个网格资源系统的可靠性。进一步的工作需要将该模型移植到非经济模型下,以便提高各类资源管理模型中资源的可靠性。

## 参考文献:

- [1] 任勋益,王汝传.一种网格资源信息真实性的验证方案[J].数据通信,2006(1):11-13.
- [2] 马满福,吴健,胡正国.网格计算资源管理中的信誉度模型[J].计算机应用,2005,25(1):61-64.

- [3] 马满福,吴健,胡正国.网格计算经济中的信誉度体系结构[J].计算机应用,2005,25(4):940-943.
- [4] 马满福,吴健,胡正国.网格经济模型中基于信誉度的资源选择[J].计算机工程,2006,32(17):175-177.
- [5] Alexander B,Rajkumar B.GridBank:A grid accounting service-architecture(GASA) for distributed systems sharing and integration[C].17th Annual International Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS 2003) Workshop on Internet Computing and E-Commerce,2003.
- [6] Wolski R,Spring N,Hayes J.The network weather service:A distributed resource performance forecasting service for Meta computing [J].Future Generation Computing Systems,1999,15(10):757-768.
- [7] Buyya R.Economic-based distributed resource management and scheduling for grid computing[D]. Mysore University and Bangalore University,2002.
- [8] Rajesh Nellore.Validating specifications: A contract-based approach [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2001,48(4):491-504.