

一种基于信任度的网格计算资源分配模型

郭学理, 杨 慧, 何 鹏

(武汉大学 计算机学院 网络信息中心, 湖北 武汉 430072)

摘 要: 针对网格计算资源管理中的资源分配问题, 提出了在资源分配过程中加入安全控制和负载均衡的设计思想, 使整个网格计算系统具有比较高的运行效率和安全性。

关键词: 服务质量; 网格计算; 安全; 资源分配; 信任度

中图法分类号: TP393.08

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2005)02-0093-03

A Trust-based Resource Allocation Model in Grid Computing Systems

GUO Xue-li, YANG Hui, HE Peng

(Network Information Center, School of Computer Science, Wuhan University, Wuhan Hubei 430072, China)

Abstract: Aiming at the problems about resource allocuting on resource management, advances a new design idea of adding security controlling and load balancing during allocating resources, which promotes the running efficiency and security of the grid computing system.

Key words: QoS; Grid Computing; Security; Resource Allocation; Trust

任务分配是并行和分布式计算系统中一个不可缺少的组成部分, 截至目前在这些方面已经进行了大量的研究和实验, 并且得出了不少的理论模型和大量的实践结果。然而, 随着网格计算的高速发展, 迫切需要研究出一些新的更加适合网格体系结构的任务分配模型和算法。

本文把服务质量的观念有效地集成到资源管理子系统中, 服务质量对于不同的内容具有不同的意义, 这里所说的服务质量是指待分配的任务与资源之间信任关系的匹配。在网格计算环境中, 更加迫切需要提供最好的服务质量, 使任务可以更好地使用远程资源。资源通常可以为应用任务提供多个级别的服务质量, 任务分配算法的目的就是综合考虑任务和服务质量需求来更好地匹配任务和资源。

在文献[1]中提出了在资源分配过程中加入安全控制的思想, 并发展其中一个切实有效的模型——基于信任度的资源分配模型, 结合负载均衡的思想提出了一个适用于该模型的资源分配算法。

1 相关工作

目前网格系统资源管理主要采用以下几种模型: 分级模型、抽象拥有者模型和市场经济模型。分级模型是现在多数网格项目中采用的资源管理模型, 这种模型利用调度器、信息服务器、作业监控器等网格服务部件来完成资源的分配、发现和调度。抽象拥有者模型遵循订购和交货模式来完成资源管理。市场经济模型在资源发现和调度过程中遵从市场经济模式, 将用户对资源的购买报价与各个资源所有者的服务报价进行匹配^[4]。

三种模型中的任务分配算法和很多传统分布式算法有一个显著的共同点——把资源管理和服务质量作为两个独立的部分来处理, 分很多步骤来完成对 QoS 的支持, 这样就会给整

个系统带来很大的不便和额外消耗, 从不同程度上降低了系统的效率。

在新的资源分配模型下, 分配资源时充分考虑到资源提供方与资源消费方(任务方)之间的信任关系, 并且还要综合考虑到负载均衡。这样既解决了资源管理子系统的上述问题, 又保证了资源分配的低消耗和高安全性, 并且融合了负载均衡的思想, 使整个网格计算系统具有比较高的运行效率和可靠性。

2 模型介绍

对于不同的对象, QoS 具有不同的意义, 这里的 QoS 指的是网格计算系统中任务与资源的安全匹配。在网格任务分配模型中, 不同 QoS 请求级别的任务互相竞争资源。一个无 QoS 要求的任务既可以在高 QoS 支持的资源上执行, 也可以在低 QoS 支持的资源上执行。而高 QoS 请求的任务就尽量要分配到高 QoS 支持的资源上执行, 不过也有例外情况, 如当高 QoS 支持的资源有很多任务需要执行但低 QoS 支持的资源却仍然空闲的时候。网格系统模型如图 1 所示。

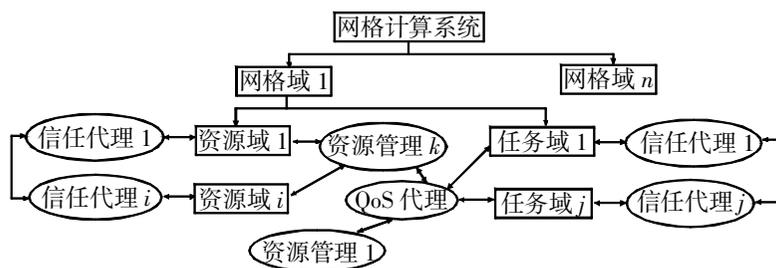


图 1 网格系统模型

在图 1 中, 整个网格系统可以分为若干个网格域(Grid Domain), 每个网格域都是一个可自治管理的个体, 这些个体又由两种虚拟域组成: 资源域(Resource Domain)和任务域(Task Domain)。网格域中有一个独立的管理单元来管理它的一系列资源和任务, 并且这个管理单元根据所在域的处理能力设定一个阈值, 作为它可以正常工作的等待队列长度的上限, 超过该阈

值时该域就会处于重载状态。因为资源域和任务域都是虚拟的,所以一个网格域中可以同时有若干个资源域和任务域。

一个资源域有以下几个属性:所有者、可以提供的服务种类以及这些服务种类的信任级别(Trust Level)。这些服务种类确定该资源域的某一部分资源可以提供的服务功能,如存储数据、打印、显示等。类似地,一个任务域也有以下几个属性:所有者、请求服务种类以及这些服务种类的请求信任级别。

而每一个资源域或任务域都由一个信任代理来完成以下功能:更新该网格域的信任表;允许该网格域添加、删除节点域和这些节点域属性;应用衰减函数来反映各个域之间的信任度衰减情况。

在本模型中,由于把网格系统看成是由网格域组成,就可以比较容易地解决网格系统的可扩展性、点自治性和异构性等方面的问题。

3 模型中主要概念介绍

3.1 信任度

信任度是指对节点集中的某节点能完成其被期待完成任务的信任程度。这里所说的某节点的信任度指的是对该节点在某一特定时间段内关于某一特定服务的信任程度。也就是说,这种信任度是随时间动态改变的,是可以在某一区间(从非常信任到非常不信任)内变动的,并且对于不同的服务 a 和 b,节点的信任度也很有可能是不同的。

3.2 声望度

节点 y 的声望度是由别的节点对 y 的信任程度所决定的,而别的节点对 y 的这种信任程度又是建立在过去一段时间内 y 的表现基础上。

3.3 衰减函数

正如前面已经讲到的一样,信任度是与时间有关的,如果过了很久两个域都没有联系(它们之间的信任表很久没有更新),则该表中的值就存在很大的不可信任性,所以在本模型中,引入了衰减函数来反映这种变化。对于不同的域来说,衰减函数就有可能不同,如域 D_i 对与它有关系的域 D_j 的信任度就很有可能比对与它没多大关系的域的信任度衰减得慢。

3.4 计算公式

在初步了解了上述概念后,接着介绍在实际应用中怎样确定节点 x 上任务对节点 y 上资源的信任度。另外,在节点集中,有一些节点可能会建立起联盟关系。那样的话,节点 x 就会更信任与它有联盟关系的节点一些。

下面给出几个计算公式^[1]:

$$(D_i, D_j, t) = \alpha \cdot (D_i, D, t) + \beta \cdot (D_j, t) \tag{1}$$

$$(D_i, D_j, t) = DTT(D_i, D_j) \cdot (t - t_{ij}) \tag{2}$$

$$(D_j, t) = \frac{\sum_{k=1}^n RTT(D_k, D_j) \cdot R(D_k, D_i) \cdot (t - t_{kj})}{\sum_{k=1}^n (D_k)} \tag{3}$$

对上面几个公式说明如下:

式(1)表示 D_i 对 D_j 的信任级别是由 D_i 对 D_j 的直接信任度和 D_j 的声望度综合决定的, α, β 为区别两者比重的权值,可以在从 0 ~1 的范围内取值,它们的值是由各个不同的域来决定。信任度和声望都与时间息息相关。举个例子来说,五年前 x 对 y 的信任度为 p ,那现在 x 对 y 的信任度很有可能会降低,

除非 x 和 y 在最近有过联系,所以需要引入衰减函数(Decay Function)。

式(2)表示 D_i 对 D_j 在 t 时刻的直接信任度 = 直接信任表(Direct Trust Table)中 D_i 对 D_j 的直接信任值 \times 从最近更新时间(t_{ij})到当前时间(t)这段时间的衰减函数值。

式(3)表示 D_j 在 t 时刻的声望度 = {声望信任表(ReputationTrustTable)中各个域 D_k 对 D_j 的声望信任值 $\times D_k$ 和 D_j 的联系参数值(Relationship Factor) \times 从最近更新时间(t_{ij})到当前时间(t)这段时间的衰减函数值} 的平均值。

4 模型中相关变量说明

4.1 信任级别

信任级别包括任务对资源的请求信任级别 RTL 和资源对任务可提供的服务信任级别 OTL。当某一 TD_i 提出一个任务请求 r_j 的时候,会给出其请求信任级别 $TL(r_j)$ 。

在表 1 中, $TL(i, j, k)$ 代表资源域 i 上某个(些)资源可以提供给任务域 j 的某一任务在服务类型 k 上的信任级别。如果某一 RD_n 可以提供 r_j 所需服务 s_1, s_2, \dots, s_k 的服务级别分别为 x, y, \dots, z 那么该 RD_n 对该任务的 $OTL(RD_n, r_j) = \min\{x, y, \dots, z\}$ 。

4.2 期待信任补充(Expected Trust Supplement, ETS)

在完成某一个任务的时候,如果 OTL 大于或等于任务域方的请求信任级别(Required Trust Level),那么该任务的执行就不需要任何额外安全消耗;否则必须补充一些额外的安全消耗 ETS 以满足请求任务的需要。

其中从 A 到 E 分别表示从“非常低的信任级别”到“非常高的信任级别”。从表 2 中可以看出,RTL 有一个信任级别 F 是 OTL 无论怎样都无法提供的,所以任务域可以通过提高 $RTL = F$ 的方式来强行增加其安全性。

表 1 资源域和任务域之间的信任级别关系

信 任 级 别	任 务 域	任务域 j		
		服务 1	...	服务 k
资源域	
资源域 1		TL(1, j, 1)	...	TL(1, j, k)
...	
资源域 i		TL(i, j, 1)	...	TL(i, j, k)

表 2 不同 RTL 和 OTL 的期待信任补充对照情况

RTL ETS OTL	A	B	C	D	E	F
	0	B-A	D-A	D-A	E-A	F
A	0	B-A	D-A	D-A	E-A	F
B	0	0	C-B	D-B	E-B	F
C	0	0	0	D-C	E-C	F
D	0	0	0	0	E-D	F
E	0	0	0	0	0	F

由 $TL(r_j)$ 和 $OTL(RD, r_j)$ 得出 $ETS(RD_n, r_j)$,进而可以由转换函数 f 求出把 RD_n 分配给 TD_i 来完成任务 r_j 时的安全消耗 $SC(RD_n, r_j) = f(ETS(RD_n, r_j))$ 。

5 算法说明与分析

在以往的不考虑安全开销系统模型中,每一个在处理机上执行的任务都会带来两种类型的开销:执行开销和通信开销。其中,由于系统的异构性,同一任务在不同处理机上运行时执行开销是不同的;另外,假设同一处理机上两个任务的通信开销可忽略不计,则此处的通信开销只包括该任务与分配到其他处理机上的前驱任务之间传递消息所带来的通信开销。所以本模型将着重考虑三种类型的开销:总开销 $CC =$ 执行开销 $EC +$ 通信开销 $MC +$ 安全开销 SC 。鉴于本文讨论的重点放在了安全开销上,所以任务 r_j 在 RD_n 上的执行开销 $EC(RD_n, r_j)$

和通信开销 $MC(RD_n, r_j)$ 由系统给出。

5.1 算法说明

本任务分配算法分几个步骤: 找出一系列适合目标任务的潜在资源; 根据一定的筛选算法从中选择一个(些)资源分配给该任务; 目标任务可根据具体情况执行。下面给出该资源分配算法的大致步骤:

(1) 在某时刻 T , 某 TD_i 广播一个任务请求 r_j 。

(2) 收到该请求的 RD 所在节点如果有该请求 r_j 所需资源, 则附上“标数”给申请者 TD_i 发送一个投标信息; 否则不参加投标(注:“标数”内包含该 RD 上等待队列的长度、阈值、该 RD 可以提供给任务 r_j 的信任级别、通信消耗、执行消耗等信息)。

(3) 在时刻 $(T+t)$, 申请者 TD_i 整理它所收到的投标信息(即 TD_i 收集其在 t 的时间间隔内收到的回复信息)。

(4) TD_i 用随机的方式选定 k 个不同的投标信息。

(5) TD_i 分别查看这 k 个投标信息中的“标数”信息, 并计算出总消耗。步骤如下:

for $l=1$ to k do

取投标的 RD_x 可以提供给 r_j 的服务中最低信任级别作为 $OTL(RD_x, r_j)$;

安全消耗 $SC(RD_x, r_j) = f(RTL(RD_x, r_j) - OTL(RD_x, r_j))$, 其中 f 为期望信任补充级别到安全消耗的转换函数。

$CC(RD_x, r_j) = SC(RD_x, r_j) + EC(RD_x, r_j) + MC(RD_x, r_j)$;

enddo

(6) 选这 k 个目标中总消耗最小的 RD 作为目的 RD, 设为 RD_y ;

(7) if RD_y 队列的长度 \geq 其阈值 then

if 探测次数 \geq 预定值 then 转(1), 即该次分配失败, TD_i 重新发任务请求信息;

else 转(4), 即重新随机选择 k 个备选目标;

endif

else 把 RD 上相关资源分配给任务 r_j , 转(8), 即目标符合要求, 加入到该 RD 的任务队列;

endif

(8) 算法结束。

5.2 算法分析

该算法的基本思想比较简单。找局部最优解, 即根据一些信息找出随机选择的 k 个备选目标中消耗最小并且又不超载的 RD。总体来看, 本算法具有以下几个主要特点:

(1) 引入信任度的概念, 提高安全性;

(2) 局部最优算法, 总消耗相对较小;

(3) 加入网格域阈值检查, 任务负载相对比较均衡;

(4) 采用投标策略, 直接避免了对无关 RD 的检测;

(5) 取 k 个随机投标 RD 进行选择, 既减少了算法执行范围, 又取得较优的效果;

(6) 设定探测次数预定值, 防止算法盲目循环下去, 并保证算法可以根据系统变化实时响应任务分配。

6 小结

本文发展了文献[1]中提出的基于信任度的网格计算资源分配模型, 并给出了一个切实可行的算法。它把整个网格系统分解为若干个网格域, 通过各个域之间的信任关系来描述任务请求和资源之间的安全性, 从而自然而然地把安全的概念集成到资源分配的过程中。把整个系统分解为若干网格域以后, 就可以比较容易地解决以往网格系统中很难解决的可扩展性问题、点自治性问题和异构性等问题。在此基础上提出的资源分配算法综合考虑资源分配的负载均衡和安全性, 从而使整个系统既高效又可靠。

参考文献:

- [1] arag Azzedin, Muthucumar Maheswaran. Towards Trust-Aware Resource Management in Grid Computing Systems[C]. Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID02), 2002. 1-6.
- [2] HE Xiaoshan. QoS Guided Min-Min Heuristic for Grid Task Scheduling[J]. Comput. Science & Technology, 2003, 17: 442-451.
- [3] S K Dad, D J Harvey, R Biswas. MinEX: A Latency-tolerant Dynamicpartitioner for Grid Computing Applications[J]. Future Generation ComputerSystems, 2002, (4): 477-489.
- [4] 曹鸿强, 肖依. 一种基于市场机制的计算网格资源分配方法[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(8): 913-916.
- [5] 桂小林. 基于 Internet 的网格计算模型研究[J]. 西安交通大学学报, 2001, 35(10): 1008-1011.

作者简介:

郭学理, 男, 博士生导师, 研究方向为计算机网络、分布并行处理; 杨慧, 女, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络与通信、网络安全; 何鹏, 男, 硕士研究生, 研究方向为计算机网络与通信、网络安全。

(上接第 92 页)

5 结论与展望

互操作是当前信息技术领域的研究热点。GIS 互操作应包括 GIS 数据互操作和 GIS 处理功能互操作两个方面。GIS 处理功能互操作是数据互操作的扩展和更高层次, 只有在更高层次上不同应用及系统之间相互合作, 实现互操作, 才能真正达到地理信息服务的目的。

GIS 互操作是个复杂的课题, 由于研究方法和水平有限, 还有许多工作要做:

(1) 对地理空间元数据、目录和注册服务方面需要进一步研究。

(2) 研究中对数据的安全、传送问题等方面没有考虑。

(3) GML 在实现语义互操作上还有缺陷等。

(4) 鉴于 GIS 系统的复杂性, 系统离实际的应用还有一定的距离。

我们将继续进行这些方面的研究, 相信 Web 的地理信息服务将会推动 GIS 产业的繁荣与发展。

参考文献:

- [1] Andrew J Marr, Richard T Pascoe, George L Benwell. Interoperable GIS and Spatial Process Modeling[C]. The 2nd Annual Conference of GeoComputation 97. 1997. 15-21.
- [2] ISO/TC11 WG4, Geospatial Services N042[S]. Open Geographic Datastore Interface (OGDI), 2001.
- [3] OGC. <http://www.opengis.org>, 2002 [EB/OL].
- [4] FGDC Geospatial Applications and Interoperability Working Group. A Geospatial Interoperability Reference Model (G. I. R. M.) [Z]. 2003. 1-27.
- [5] OpenGIS Consortium. Geography Markup Language (GML) v. 2.0 [EB/OL]. <http://opengis.net/gml/01-029/GML2.html>, 2001-02.
- [6] Pierpaolo Vittorini, Paolino Di Felice. A JavaRMI-based Application Supporting Interoperability in a GIS Context[J]. IEEE, 1999, 428-440.

作者简介:

高刚毅(1975-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为地理信息系统(GIS)、人工智能、Agent 技术及分布式计算技术等。