

文章编号:1001-9081(2008)06-1585-03

基于 QoS 参数综合模型的网格资源选择优化

马满福, 姚军, 王小牛

(西北师范大学 数学与信息科学学院, 兰州 730070)

(mamanfu@nwnu.edu.cn)

摘要:QoS 是网格任务执行的基本保证, 针对网格资源选择中复杂的 QoS 参数处理过程, 将 QoS 参数按照用户的关心程度进行分类, 提出了一种简化的参数处理模型, 设计了支撑该模型的 QoS 体系结构, 给出了优化资源调度过程的算法。实验表明, 该模型提高了系统吞吐量和资源匹配成功率, 缩短了任务的平均完成时间, 最终实现了整个系统资源利用率的提高。

关键词:网格计算经济; QoS 模型; 优化算法; 体系结构

中图分类号: TP302 文献标志码:A

Grid resource selection optimizing based on QoS parameters integrated model

MA Man-fu, YAO Jun, WANG Xiao-niu

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

Abstract: QoS is a key requirement for applications to ensure tasks running in grid, but the processing of QoS parameters is too complicated currently. A new grid QoS model that optimized the QoS process was proposed. As to the model requirement, QoS infrastructure was presented, and scheduling optimizing algorithm was described based on the model. The experiments show that the scheduling optimizing algorithm is efficient on task completion time and improves the resource utilization ratio within grid computing economy environments.

Key words: grid computing economy; QoS model; optimizing algorithm; architecture

0 引言

在网格资源发现过程中, 服务质量 QoS (Quality of Service) 的要求使得发现过程和相应的体系结构十分复杂, 尤其是资源选择过程代价高昂^[1]。已有的实现如 Globus 的 MDS^[2], Web 服务的 UDDI, WSDL 以及 VEGA 资源发现架构等^[3], 这些模型从不同的侧重点完成了资源发现, 但对 QoS 考虑较少。针对 QoS 的研究目前没有广泛进入产品阶段, 但已经提出大量的模型, 这些研究包括文献[4-5]提出的服务配置模型以及体系结构, 文献[6]提出的资源分配方法和文献[7]提出的 Quorum 模型等。国内的学者也就该问题展开了较多的研究。

综观这些成果, 它们共同的特点是: 提出一套 QoS 参数规范, 以 MDS 等网格基础设施为依托, 进行参数管理, 供任务代理依据自己任务需求进行查询, 产生候选资源集合。在资源选择算法中, 对这些 QoS 参数按照权重和优先级逐个匹配, 直至找到满足任务的需求。上述模型和算法存在重要的缺陷: 1) 找到的满足任务的资源不是任务需要的最优资源, 而是候选资源中性能最好的资源。一个任务所需要的最优资源应当是既能满足任务需要, 又不形成资源浪费。2) 资源选择复杂度高。一方面, 任务代理执行资源发现和选择算法过程中, 要求其了解所有 QoS 参数及其属性, 增加了算法复杂度, 降低了匹配的成功率。另一方面, 匹配过程漫长, 用户本身关心的参数可能是所有参数中的少数几个。本文针对网格资源管理中的经济模型, 就解决传统 QoS 处理中的缺陷, 提出了一个刚性和弹性参数相结合的 QoS 管理和资源选择的模型体系。

1 QoS 参数模型

在网格环境中, 可以将 QoS 参数按照用户关心程度, 分为刚性参数和弹性参数两类。刚性参数是用户明确要求, 必须满足的, 如功能性的参数; 而弹性参数则主要是优化调度、激励资源提供者提供更好资源的手段, 如部分性能参数和信任参数等。可见, 弹性参数可以对任务代理是透明的, 交给网格基础设施去处理。这样, 任务代理和资源代理之间针对一些具体的参数, 更具有可协商性, 符合经济模型的特征要求。

在网格环境中, QoS 参数可以划分为逻辑资源类、系统类、安全类、信任类和记账类 5 种类型^[2]。本文假定记账类和系统类参数为刚性参数, 其余均属于弹性参数。对于刚性参数, 用户在提交任务时一并提出, 而弹性参数则体现为一个综合参数提出。

设刚性参数表示为 Y^1, Y^2, \dots, Y^m , 弹性参数为 X^1, X^2, \dots, X^m , 综合参数为 Z 。

1.1 参数归一化

在不同的定义和实现中, 不同参数有着不同的表达形式和数值范围, 为了进行综合评价, 需要对弹性参数进行归一化处理, 使得所有参数取值在 $[0, 1]$ 之间。归一化可采用如下线性方法:

设资源 r_i 的第 j 个参数取值最大为 $\max X_i^j$, 最小为 $\min X_i^j$, 当前值为 $\text{cur}X_i^j$, 则归一化的表示为:

$$X_i^j = (\text{cur}X_i^j - \min X_i^j) / (\max X_i^j - \min X_i^j); i = 1, 2, 3, \dots, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

显然, 上述算式在保证 X_i^j 线性关系的基础上, 将其值限定在 $[0, 1]$ 的范围内。

收稿日期: 2007-12-19。基金项目: 甘肃省科技攻关项目(2GS064-A52-035-03)。

作者简介: 马满福(1968-), 男, 甘肃甘谷人, 副教授, 博士, 主要研究方向: 计算机系统结构、移动计算; 姚军(1967-), 女, 甘肃白银人, 讲师, 主要研究方向: 计算机系统结构、网格计算; 王小牛(1969-), 男, 甘肃静宁人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 计算机系统结构。

1.2 参数模型

设资源 r_i 的所有弹性参数经过了归一化处理,采用线性综合评价模型:

$$Z_i = \sum_{j=1}^n w_j X_i^j; i = 1, 2, 3, \dots, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中, X_i^j 为资源 r_i 的第 j 个弹性参数, w_j 为该参数对应的权重系数, 满足 $\sum_{j=1}^n w_j = 1 (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 。 Z_i 为 r_i 的评价综合参数值。显然, 影响综合参数结果的因素取决于 w_j 和 X_i^j , w_j 在一个即定的系统中, 依据参数的重要程度设定。因此, Z_i 的高低取决于每个资源的各个弹性参数取值, 其值在 $[0, 1]$ 的范围内, 取值越大, 综合性能越好。

2 体系结构

2.1 QoS 体系结构

在一个管理域内, 支撑 QoS 模型的体系结构由三部分构成: GSC (Grid Service Consumer)、GSP (Grid Service Provider) 和 QoS 评价中心。其中 QoS 评价中心是管理域的基础设施, 它负责对 QoS 相关参数的获取、管理和综合参数的评价。其构成如图 1 所示。

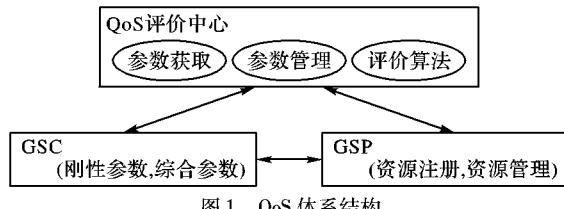


图 1 QoS 体系结构

GSC 在提出一个任务时, 提供刚性参数和综合参数, 综合参数可依据自己的经验值给出或者可以给出一个确定参数值的策略, 以实现综合参数的选择。GSP 实现对资源的注册、本地资源管理和调度以及配合 QoS 评价的需要提供参数。

在 QoS 评价中心, 参数管理实现各种服务参数的管理和维护, 包括刚性和弹性参数, 为评价和资源选择提供支撑; 评价算法依据弹性参数数据, 实现对参数的归一化处理、综合参数的计算; 参数获取通过驻留在各资源所在系统和网格基础设施上的代理, 获取各类 QoS 参数。其结构如图 2 所示。

在和本地系统交互中, 可以通过本地资源管理系统或网格中间件实现, 但为了增强系统的独立性和便于部署, 利用网格中间件 (Globus) 甚至可调用用户级的网格代理 (Nimrod-G) 来实现。

2.2 评价和更新

QoS 参数的获取和评价在时间上应当是同步的, 每当获取一次数据, 便可进行一次评价。获取和评价可以采用事件驱动和时间驱动两种方式。事件驱动方式以导致一次评价活动的数据变化为依据, 在计算经济模型中可能导致 QoS 基础数据变化的事件有: GSP、GSC 的注册、注销、网格资源的注册、注销、一次网格资源使用结束、一次失败的资源调度等。时间驱动方式指定期或不定期地根据现有基础数据进行评估。两种方式比较, 事件驱动的更新反映及时、准确, 但由于网格资源的调度事件频繁, 因此开销很大。第二种方式评价具有滞后性, 但可以合理地利用网格时间。QoS 参数的评估不同于网格银行的结算数据, 它对性能、实时等特性的反映并

不很敏感, 因此, 采用时间驱动的更新更为合理, 有利于均衡系统负载。

3 QoS 参数综合的资源选择算法

QoS 参数综合的资源选择算法中, 首先依据任务所需资源的功能和性能产生候选资源集合 $S_k = \{r_1, r_2, \dots, r_l\}$, 在 S_k 中, 逐个匹配刚性参数 Y^1, Y^2, \dots, Y^m , 所有满足参数 Y^1, Y^2, \dots, Y^m 的资源形成一个集合, 再按照所对应的综合参数对其进行排序, 形成候选资源有序集 S 。针对 S 包含的资源, 在 QoS 评价中心读取相应综合参数值, 选择所需资源。设任务 t_s 所提出的刚性参数依次为 $Y_s^1, Y_s^2, \dots, Y_s^m$, 综合参数为 Z_s , 算法描述如下:

```

Task-to-resource (  $Y^1, Y^2, \dots, Y^m, z_s, S_k$ )
|  $S = \emptyset$ ; Scheduler = false;
For every  $r_i \in S_k$  do
    if ( $Y_s^1 \leq Y^1 \wedge Y_s^2 \leq Y^2 \wedge \dots \wedge Y_s^m \leq Y^m$ ) then  $S = S + r_i$ 
    // 将所有能满足任务  $t_s$  刚性参数要求的资源加入集合  $S$ 
    if  $S = \emptyset$  then break; // 没有满足任务需求的资源
    Sort  $S$  by  $Z$  as increase
    // 按照资源对应的综合参数对集合  $S$  排序,
    // 呈递增排列, 形成一个有序集合
For every  $r_i \in S$  do
    if  $Z_s \leq Z_i$  then
        { Scheduling  $t_s$  to  $r_i$ 
        // 在综合参数序列中, 找到第一个能满足任务需求的进行分配
        Scheduler = true;
        break; }
    if Scheduler = false then
        abort( "no resource is available" );
        // 因综合参数不匹配, 调度失败
}

```

上述算法在集合 S 中, 就综合参数, 选择了 $Z_s \leq Z_i$, 且 $\min(Z_i - Z_s)$, 实现了资源在综合参数上的合理选择, 不再选择参数最大的而形成资源的浪费。在资源选择过程中, 刚性参数作为必须满足的条件, 逐个匹配, 弹性参数则通过综合模型, 转换为综合参数。

4 实验及结果分析

4.1 比较算法

为了评价基于 QoS 的资源选择算法, 我们将其和 Rajkumar Buyya 等提出的时间最小化 (Time Minimisation)、成本最小化 (Cost Minimisation) 算法^[8] 在同样的实验测试平台 Nimrod/G 上进行了仿真。

1) 时间最小化算法:

- (1) 对每一个资源, 按照任务计算完成时间;
- (2) 按照完成时间查找资源;
- (3) 将任务分配给不超出预算且完成时间最短的资源;
- (4) 重复上述步骤, 直到所有任务得到资源。

2) 成本最小化算法:

- (1) 按照成本递增顺序给资源排序;
- (2) 对每一个被排序的资源, 在不超出时间约束的前提下, 尽可能分配多的任务给成本低的资源。

上述算法在优化过程中, 除计算成本和完成时间外, 没有考虑其他的 QoS 参数。为了使算法具有可比较性, 在上述算法的基础上, 加入了和 QoS 资源选择算法一致的其他参数, 并使用逐个比较的方法进行选择。

4.2 实验设计

实验以 Nimrod-G 提供的 GRACE (GRid Architecture for Computational Economy)^[9] 为平台实现了原型系统, 系统由 40

个节点组成,节点由机群、局域网和单机构成,每个节点提供多种类型的资源,节点既是资源的提供者,也是任务的宿主者。在节点上建立了用于管理网格资源的代理,来履行模型的策略。为了选择资源,系统提供一个中心节点来实现资源的注册和发布,由此为每个任务产生候选资源集合。一个节点作为QoS评价中心,执行服务质量参数的采集、评价和发布。

实验中,假设任务和资源之间是供大于求的状态,在网络上提供了5类资源,每类资源针对一个任务提供的平均数目超过10个。在两个算法上执行的任务具有相同的属性,即参数需求相同,且任务代理在提供综合参数之前,对弹性参数的处理方式和评价中心采用相同的评价模型得到。这些参数包括:

刚性参数 任务预算 Cost,完成期限 Deadline。

弹性参数 可靠性、可维护性、信誉度、完整性和吞吐量。

安全性^[10],依次表示为 $X^1, X^2, \dots, X^6, w_j$ 的取值依次为0.1, 0.1, 0.3, 0.1, 0.1, 0.3。在这些参数取值中,可靠性按照资源调度过程中的成功率得到,信誉度按照文献[11]中的方法,吞吐量统计资源单位时间内执行任务数,可维护性、完整性和安全性则人工地赋予初值。

4.3 结果及分析

在实验中,采用符合泊松分布的随机函数进行调度和资源的登录以及退出。为了便于采集实验数据,控制调度在低频率范围进行。在系统运行较长时间,获得了较为稳定的状态,即资源获得了相应的QoS参数,并完成多次评价后,进行数据采集。实验针对不同算法在任务的平均完成时间、吞吐量、资源分配成功率和任务运行支出上取得了实验结果,如表1所示。

表1 实验结果

算法	吞吐量/次	平均完成时间/ms	成功率/%	平均支出/G \$	资源利用率/%
Time Min.	11 092	319	87.59	11 577	8.35
Cost Min.	10 753	328	89.16	9 870	8.77
QoS综合参数算法	11 578	307	92.34	10 387	9.12

从表1看出,QoS综合参数算法和Time Min.及Cost Min.算法比较,吞吐量分别提高了4.3%和7.6%,任务的平均完成时间缩短了12 ms和21 ms。其本质原因在于两个方面:1)由于采用了综合参数处理,QoS综合参数算法资源选择过程得到了优化,减少了在弹性参数上逐个匹配而导致的迭代过程;2)QoS综合参数算法不再追求单个任务的成本或完成时间的最小化,而是在成本和时间等能满足任务要求的范围内试图使整个系统资源利用最大化。即选择资源时,在候选资源中寻找综合参数上满足 $Z_s \leq Z_i$,且 $\min(Z_i - Z_s)$ 的资源。

由于放宽了对弹性参数的逐个匹配要求,资源匹配的成功率也得到了提高。和时间最小化比较提高了4.75%,和成本最小化比较提高了3.18%。由于在刚性参数上仅要求满足,因此平均支出界于前面两个算法之间,是用户可接受和允许的。从整个系统的资源利用率看,分别提高了0.77%和0.35%,这是因为每次选择的资源是与任务需求最接近的资源,而非针对某一参数最好的资源。因此,在其他要求较高的任务调度资源选择时,有更多的选择,做到了尽可能地利用率最大化。

从上述结果看到,QoS综合参数算法在缩短资源选择复杂度的基础上,实现了吞吐量和匹配成功率的提高,缩短了任务的平均完成时间,最终实现了整个系统资源利用率的提高。

5 结语

文章通过对一些用户不敏感、不清晰的QoS参数进行综合处理,形成综合参数,在该参数上实现调度。一方面,将评价转移到经济模型中属于域的基础设施去完成,可实现系统整体的负载均衡,尤其在重载时表现明显;另一方面,减少资源选择的复杂度,提高了资源匹配效率,实现了调度的优化。同时,算法选择了最优资源,即能满足用户任务和QoS需求又最接近QoS需求的资源,实现了资源的整体优化。实验证明,对QoS的模糊化处理提高了系统吞吐量和资源匹配成功率,缩短了任务的平均完成时间,最终实现了整个系统资源利用率的提高。

参考文献:

- [1] CHEN P, XU Z, ZHANG B. A solution to QoS control and availability promotion in complex grid computing [C]// Proceedings of 12th IEEE International Conference on Networks (ICON 2004).

- Washington: IEEE Press, 2004, 1: 403–407.
 [2] FOSTER I. The globus toolkit for grid computing [C]// Proceedings of the First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID 2001). Washington: IEEE Press, 2001: 1–2.
 [3] HOSCHEK W. The Web service discovery architecture [C]// Proceedings of the International IEEE/ACM Supercomputing Conference (SC 2002). Baltimore: IEEE Computer Society Press, 2002: 32–36.
 [4] MUSUNOORI S B, ELIASSEN F, EIDE V S W. QoS-driven service configuration in computational grids [C]// Proceedings of the 6th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing. Washington: IEEE Computer Society, 2005: 304–307.
 [5] MUSUNOORI S B, ELIASSEN F, STAEHJL R. QoS-aware component architecture support for grid [C]// Proceedings of the 13th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE). Washington: IEEE Computer Society, 2004: 277–282.
 [6] MENASCÉD A. QoS in grid computing [J]. IEEE International Computing, 2004, 8(4): 85–87.
 [7] NAM D S, YOUN C-H, LEE B H, et al. QoS-constrained resource allocation for a grid-based multiple source electrocardiogram application [C]// ICCSA 2004, LNCS 3043. Berlin: Springer-Verlag, 2004: 352–359.
 [8] BUYYA R, GIDDY J, ABRAMSON D. An evaluation of economy-based resource trading and scheduling on computational power grids for parameter sweep applications [C]// Proceedings of the Second Workshop on Active Middleware Services (AMS 2000). Pittsburgh: Kluwer Academic Press, 2000: 74–83.
 [9] BUYYA R, ABRAMSON D, GIDDY J. Nimrod/G: An architecture or a resource management and scheduling system in a global computational grid [C]// Proceedings of the 4th International Conference on High-Performance Computing in the Asia-Pacific Region (HPC ASIA 2000). Washington: IEEE Computer Society Press, 2000: 283–289.
 [10] MANI A, NAGARAJAN A. Understanding quality of service for web services: Improving the performance of your web services [EB/OL]. (2002-01-01) [2007-11-28]. <http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-quality.html>.
 [11] 马满福,吴健,陈丁剑,等. 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.