

基于 SLA 经济网格的执行管理研究

王 毅¹ ,张毓森¹ ,艾未华¹ ,江 红² ,刘 鹏³

(1.解放军理工大学指挥自动化学院 ,江苏 南京 210007 ;2.河海大学信息中心 ,江苏 南京 210098 ;
3.解放军理工大学军事网格研究中心 ,江苏 南京 210007)

摘要 基于 SLA 对作业执行进行有效管理的理论 ,在资源消费者和资源提供者之间加入协调者的 SLA 合同管理架构 ,提出了该架构的经济网格执行管理调度策略 ,并对该策略的性能进行了模拟分析 .分析结果表明 ,该策略对传统经济网格的资源调度算法进行了扩展 ,使用户能够更加灵活地在执行时间与代价之间进行权衡 .

关键词 服务等级协议 ;服务质量 ;网格经济 ;资源管理 ;网格执行管理

中图分类号 :TP311 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2007)03-0348-04

网格执行管理是控制资源向用户或应用等其他实体提供可用能力的操作 ,通过发现、分配和协商等方式来管理需要的资源 .基于服务等级协议 SLA (Service Level Agreement)保证 QoS 的网格执行管理策略是网格发展的方向^[1-2] .国际网格组织 GGF (Global Grid Forum)提出 WS-Agreement^[3]和 WS-Policy^[4]规范 ,用于解决由各种协议的差异性引起的互操作困难等问题 .基于经济的网格资源管理是网格系统向商业化发展的方向 ,将经济资源管理策略与 SLA 合同管理相结合 ,在保证 QoS 的同时 ,能够基于经济对网格资源进行有效的调度和管理 .传统的经济资源管理策略通过价格机制来管理异构、分布、动态的资源^[5-6] ,通过调整作业期限和预算约束指定代价最优和时间最优进行资源调度 ,但是该调度方法并不能灵活地满足用户的需求 ,比如当资源消费者希望通过时间最优或者代价最优的某个折中方案来完成作业时 ,系统并不能有效地支持 .本文提出了经济网格的 SLA 合同管理架构 ,基于该架构对执行管理的调度方法进行了改进 .

1 经济网格执行管理架构

执行管理服务(Execution Management Service ,EMS)是对作业的具体执行过程进行管理 .引入 SLA 的网格资源管理可以有效地保证 QoS .图 1 为经济网格执行管理架构 ,该架构在服务消费者和服务提供者之间加入一个协调者来提高系统的灵活性 ,为结合 SLA 管理协调者的执行管理架构 .

系统具体运行过程如下 :第 1 步 ,客户端根据自己的资源需求 ,发送 SLA 合同请求至协调者 ;第 2 步 ,协调者通过资源请求接口接收 SLA 合同 ,同时对 SLA 合同进行解析 ,解析出调度所需参数比 ,如价格以及完成时间等参数 ,并将相关参数传给资源调度模块 ;第 3 步 ,资源调度模块根据请求的相关参数 ,采用特定的调度算法得出子作业的资源需求 ,将子作业需求提交给服务映射模块 ;第 4 步和第 5 步 ,服务映射模块以及服务发现模块负责寻找符合要求的最优资源 ,将相应资源的元数据信息返回给资源调度模块 ;第 6 步 ,调度模块代理客户端与资源提供者签署各个子作业的 SLA 合同 ;第 7 步 ,将签署的 SLA 合同部署到合同监控与管

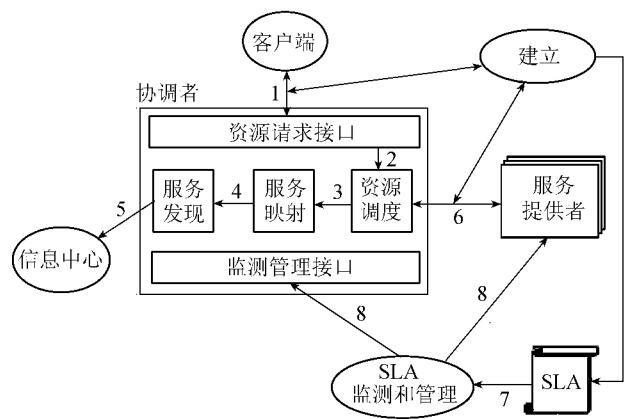


图 1 具有 QoS 保证的经济网格执行管理架构
Fig.1 Economic grid execution management framework with guarantee of QoS

理。第 8 步 ,SLA 监测和管理模块持续监控 SLA 合同的执行情况 ,并将监控结果反馈给资源调度模块 ,以便进行动态调整 .

理模块,该模块是系统通用的模块,其实现可通过 WSLA^[2]等工具完成;第 8 步,SLA 监控与管理模块对服务提供商提供的子作业 QoS 以及用户获取的总 QoS 进行监控,当发现与 SLA 合同不符时,要采取一定的手段和措施。

2 经济网格资源管理的调度匹配算法

将基于 DBC 的代价-时间因子调度算法作为网格执行管理中作业调度算法,该算法对传统的 DBC 经济调度算法进行了改进,能够使用户在执行代价与执行时间之间灵活的调整。下面给出几个名词的定义。

a. 资源代价.任意一个资源的使用都需要向该资源所有者付费,统一用资源每秒的使用价格来表示该资源的执行代价。 $\alpha(i)$ 表示资源 i 的代价,该值可以通过 SLA 合同规定。

b. 资源能力.一个资源的执行能力是指该资源客观的运行任务能力,该能力是评价资源好坏的客观标准。 $P(i)$ 表示资源 i 的能力。

c. 作业大小.作业大小反映一个作业的复杂程度,比如计算资源作业的大小指该作业中指令数的多少。 $S(j)$ 表示作业 j 的大小。

d. 作业完成时间.作业完成时间指从提交作业给某个特定资源开始到该作业完成的时间间隔。 $T(i, j)$ 表示作业 i 在资源 j 上的执行时间,作业完成时间不仅仅与作业大小和资源执行能力有关,而且也同资源已经预约的作业个数和资源使用率有关,该值可以通过 SLA 合同规定。

e. 代价时间因子.代价时间因子是本文提出的一个新概念,该因子表示用户提交作业时对时间或者代价的重视程度。用 α, β 表示执行代价和完成时间的因子,满足条件为 $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ 且 $\alpha + \beta = 1$ 。

f. 代价时间函数.代价时间函数指根据用户对作业执行时间以及代价的重视程度确定的一个目标函数。该目标函数是调度算法的调度依据,调度算法的目标是通过一定的调度策略使得代价时间函数最小。任务 i 调度到资源 j 上的代价时间函数可以表示为 $f(i, j) = \alpha T(i, j) + \beta S(i) \alpha(j)$ 。

下面给出扩展的经济网格执行管理的调度匹配算法,该算法使得用户可以更加灵活地在执行代价与运行时间之间进行选择。传统经济网格调度的时间最优与代价最优算法是本文提出算法在 $\alpha = 1, \beta = 0$ 以及 $\alpha = 0, \beta = 1$ 时的 2 种特例。

```
代价时间因子调度算法描述如下：
//所有资源用集合 R 表示,即  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ 
(a) WHILE( 作业等待队列不为空 )DO{
(b) 选择一个作业  $K_i$ 
//对每个资源,计算该作业的代价时间函数集合 F
(c)  $F = \{f(i, j) | 0 \leq j \leq n, f(i, j) = \alpha T(i, j) + \beta S(i) \alpha(j)\}$ 
//获得代价时间函数最小资源 f
(d)  $R_f \leftarrow \{R_j | \forall k, 0 \leq k \leq n, k \neq j : f(i, k) \geq f(j, k)\}$ 
(e) if( 该作业完成时间小于总作业完成期限  $\cap$  预算小于总预算 )
(f) 将该作业分配给  $R_f$  执行,并从作业等待队列中删除
(g) else
(h) break }
```

3 性能仿真

基于离散事件的网格仿真器 GridSim 建立仿真模型。用户提交的作业包括多个子任务列表、作业期限和预算等,每个子任务都有以 MI 为计算指令)表示的任务长度。在模拟中,对于一次调度,在一定的作业期限以及预算内,模拟 500 个子任务,其长度在 2000 ~ 20000 MI 之间随机产生。

对资源实体的模拟参数包括:资源名称、处理单元(PE)数目、每个处理单元的计算处理能力和服务器总的处理能力(单位为 MI/s),每个处理单元每秒的价格(单位为 \$/s,其中 \$ 为网格货币单位)。根据处理单元每秒的价格和资源的处理能力,计算出单位价格的计算能力(单位为 MI/\$)。具体资源情况如表 1 所示。

表 1 网格资源

Table 1 Grid resource list

网格名称	PE 数量/ 个	单元处理能力/ (MI·s ⁻¹)	总处理能力/ (MI·s ⁻¹)	资源类型	PE 价格/ (\$·s ⁻¹)	总预算/ G \$
R0	4	515	2060	Time-shared	8	64.37
R1	4	377	1508	Time-shared	4	94.25
R2	4	377	1508	Time-shared	3	125.66
R3	2	377	754	Time-shared	3	125.66
R4	2	380	760	Time-shared	1	380.00
R5	6	410	2460	Time-shared	5	82.00
R6	16	410	6560	Time-shared	5	82.00
R7	16	410	6560	Space-shared	4	102.50
R8	2	380	760	Time-shared	1	380.00
R9	4	410	1640	Time-shared	6	68.33
R10	8	377	3016	Time-shared	3	125.66

图 2 表示在作业总期限为 10000 s ,总预算为 70000 \$ 的条件下 ,执行代价因子 α 取不同值时作业的完成时间.由图 2 可以看出 ,随着 α 值的增加(相应 β 值减少) ,即用户希望花更少的费用 ,为满足用户要求 ,就会有更多的任务调度到价格便宜的机器上执行 ,导致作业完成时间增长.图 3 表示 α 取不同值时作业执行价格的变化.由图 3 可见 ,随着 α 值的增加 ,作业执行价格降低 ,这同图 2 的分析结果是一致的.

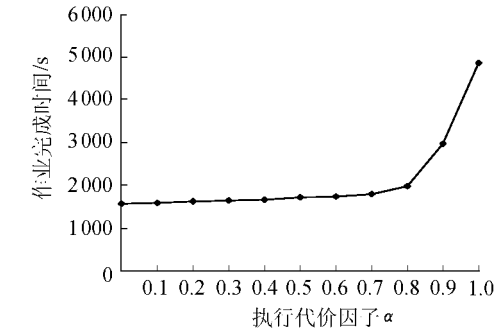


图 2 不同执行代价因子下的作业完成时间

Fig.2 Runtime of total tasks under different cost parameters

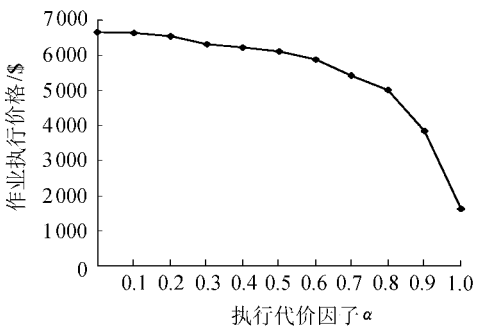


图 3 不同执行代价因子下的作业执行价格

Fig.3 Cost of total tasks under different cost parameters

图 4 和图 5 分别表示在总预算为 70000 \$,总作业期限为 10000 s 的条件下 ,执行代价因子 α 取不同值时 ,作业完成时间与花费的变化曲线.由图 4 可以看出 ,当 α 值选定时 ,作业完成时间随作业期限的增加而增加.由图 5 可以看出 ,作业花费随预算值的增加而增加 ,但两者都是在增加到一定程度后基本趋于平稳 ,这是因为当作业期限以及预算值较高时 ,作业在资源上的分配趋于稳定的结果.

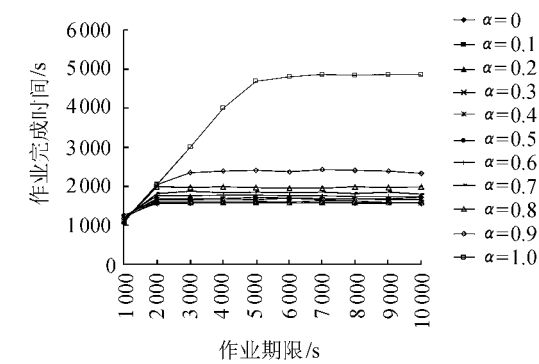


图 4 不同作业期限与作业完成时间的关系

Fig.4 Comparison of runtime and deadline of tasks

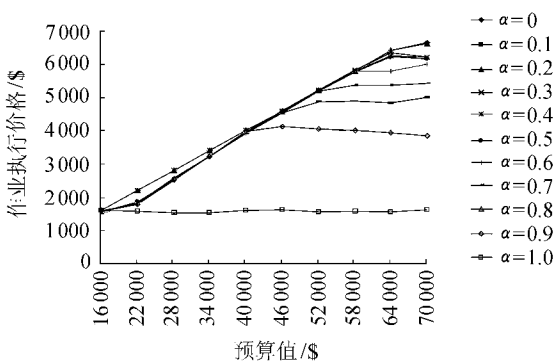


图 5 不同预算与作业执行价格的关系

Fig.5 Comparison of cost and budget of tasks

4 结 语

本文提出的网格执行管理架构 ,可以通过资源提供者与资源消费者之间签署 SLA 的方式有效地保证网
格提供的 QoS.同时提出了一种新的网格执行管理策略 ,该策略对传统的基于经济的资源调度算法进行了扩
展 ,使用户能够更加灵活地在执行时间与代价之间进行权衡 ,这也是网格向商业化发展的方向 .

参考文献 :

[1] LUDWIG H ,KELLER A ,DAN A ,et al. A Service level agreement language for dynamic electronic services[C]//Proc the 4th IEEE Int ' l Workshop on Advanced Issues of E-Commerce and Web-Based Information Systems(WECWIS 2002). Los Alamitos :IEEE Press ,2002 : 62-76.

[2] KELLER A ,LUDWIG H. The WSLA framework :specifying and monitoring service level agreements for web services[J]. Journal of Network and Systems Management ,2003 ,11(1) :57-81.

[3] ANDRIEUX A ,KARL C. Web Services Agreement Specification (WS-Agreement) [S].[EB/OL]. [2004-05-14]. [http://www. Gridforum. Org/Meetings/GGF11/Documents/draft-ggf-graap-agreement. Pdf](http://www.Gridforum.Org/Meetings/GGF11/Documents/draft-ggf-graap-agreement.Pdf).

[4] IBM ,BEA ,Microsoft ,et al. Web Services Policy Framework (WS-Policy) [S].[EB/OL].[2006-03-01]. [http://www-106. ibm. com/ developerworks/library/specification/ws-polfram/](http://www-106.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-polfram/).

[5] BUYYA R. Economic-based distributed resource management and scheduling for grid computing[D]. Melbourne :Monash University , 2002.

[6] BUYYA R ,ABRAMSON D ,GIDDY J ,et al. Stockinger ,economic models for resource management and scheduling in grid computing[J]. The Journal of Concurrency and Computation :Practice and Experience (CCPE) 2002(5) :1507-1542.

Economic grid execution management based on SLA

WANG Yi¹ , ZHANG Yu-sen¹ , AI Wei-hua¹ , JIANG Hong² , LIU Peng³

(1. Institute of Command Automation , PLA University of Science and Technology , Nanjing 210007 , China ;
2. Information Center , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
3. Military Grid Research Center , PLA University of Science and Technology , Nanjing 210007 , China)

Abstract :Based on the theory of SLA for effective management of tasks , an SLA contract management framework with a coordinator between the resource provider and resource customer was developed. The management strategy for economic grid operation of the framework was proposed , and the performance of the strategy was also studied by numerical simulation. The analysis shows that the strategy prompts the further development of the resource scheduling algorithm of the conventional economic grid , and it makes the resource customer more flexible to adjust the weights between cost and runtime.

Key words :service level agreement (SLA) ; quality of service ; grid economy ; resources management ; grid execution management