

基于自适应模糊-PID 反馈模型的网格调度技术

殷 锋¹ 何先波² 刘 轶¹

(西南民族大学计算机科学与技术学院 成都 610041)¹ (西华师范大学计算机学院 南充 637002)²

摘 要 服务调度技术是计算网格任务管理系统中的核心问题。为适应网格服务部署的需要,提出了一种基于自适应“模糊-PID”反馈控制模型的 Agent 技术,该技术融合了模糊理论与 PID(Proportionment-Integral-Differential coefficient)技术的优点。实验证明本技术能解决网格服务部署中的动态性和不确定性,并充分发挥网格服务的虚拟执行功能,可在网络带宽效率、延时和可靠性等方面做出更好的权衡。

关键词 模糊-PID, 网格服务部署, Agent

中图分类号 TP393.02 **文献标识码** A

Grid Service Deployment Technology Based on the Fuzzy-PID Feedback Model

YIN Feng¹ HE Xian-bo² LIU Tao¹

(College of Computer Science and Technology, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China)¹

(Computer College, West Normal University, Nanchong 637002, China)²

Abstract Grid service scheduling algorithms are kernel technique in task management system of computing grid. Using a grid service deployment agent technology based on the fuzzy-PID feedback control model, a new grid service deployment agent technology was put forward for solving the uncertainty in task scheduling of the computing grid. This method fuses the fuzzy theories and PID technology. Theory analysis and numerical experiment illustrate that this method can express the dynamics and uncertainty of expected time to compute of tasks and bring the dummy executing competence into play in the computing grid environment, they are the generalization of traditional grid scheduling algorithms. At the same time, it can afford the balanced bandwidth, delay and reliability.

Keywords Fuzzy-PID, Grid service deployment, Agent

随着高性能计算应用需求的迅猛发展,网格系统^[1,2]应运而生。而网格作为一种高度异构的环境,能够对分布在广域网上的资源提供无缝、快速高效的访问与集成。通过网格我们可以充分利用多个管理域的分布式共享资源。因此,在一个协作环境中,网格能够提供独立、持续、并不昂贵的计算能力。网格所集成的资源包括超级计算机、存储系统、数据资源和特殊的设备等多种类型。网格的这一功效主要源自它对共享资源的协调。用户(网格服务消费者)可以通过向网格系统(网格服务提供者)提交计算任务来使用网格资源,网格调度程序再按照某种策略对这些任务进行初始化(如根据合适的“粒度”进行切分^[3]),然后在线地或批处理地为之分配合适的资源。此时,可以通过高效的调度策略或算法来充分利用网格系统的处理能力,最终提高网格应用程序的服务性能。因此,网格环境下如何有效地调度计算任务,是影响网格计算是否成功的重要因素。然而,任务调度问题本身是一个 NP 完全问题^[4],很难依据一个单一的标准来评判某一调度算法的优劣。故此,本文借助 Agent 技术,通过构建基于自适应“模糊-PID”反馈控制模型的网格调度机制,在不同的情况下

采用不同的调度策略和算法,从而达到具体情况具体处理的目的,以最终做到调度算法总体效率最优。

1 调度模型描述

本文提出的基于模糊-PID 混合自适应反馈控制调度模型与一些单纯基于模糊理论文献(如文献[5,6])和单纯基于 PID 技术的文献(如文献[7,8])相比,一方面把传统 PID 控制与模糊控制的优越性相结合,克服了二者单独使用的不足;另一方面因使用了可离线计算的决策控制表,从而减少了模糊计算与模糊推理的时间开销。

1.1 任务定义

网格系统中的任务主要是基于多级服务的周期任务,故其任务模型可统一描述为四元组: $\tau=(S, E, D, P)$ 。其中, S 为任务的到达时间; P 为任务 τ 的周期; D 为任务 τ 的截止期限,且这里假定 $D=P$; E 为任务的执行时间特征,且

$$E = \{(WCET_k, BCET_k, EET_k) | 0 \leq k \leq m\}$$

其中, $m(m>1)$ 为任务的服务级别数,0级最低, k 级最高。当 $k=1$,任务可视为一般意义上的周期任务,其服务级别分别对

到稿日期:2008-08-25 返修日期:2009-02-10 本文受 863 国家基金计划项目(2007080504),四川省科技攻关计划资助项目(06SG0937),四川省教育厅重点项目(08ZA015),西南民族大学博士基金项目(07NBS001)资助。

殷 锋(1972-),男,博士,副教授,研究方向为网络测试, E-mail: yf_eagle@swun.cn; 何先波(1971-),男,博士,副教授,研究方向为系统工程等; 刘 轶(1978-),男,博士生,研究方向为网络技术等。

应接受和拒绝。服务级别越高,任务需要的执行时间越长,完成该任务实例的系统价值也越高。 $WCET_k$ 表示服务级别 k 的最坏估计执行时间, $BCET_k$ 表示服务级别 k 的最好估计执行时间, EET_k 表示服务级别 k 的平均估计执行时间。显然有 $WCET_k \geq EET_k \geq BCET_k$ 。在实际网络环境中,一个任务的实际执行时间是实时变化的,且对调度器而言是未知的。

1.2 基于自适应的模糊-PID 反馈控制机制的调度模型基本框架

本文提出的网络自适应模糊-PID 反馈控制调度模型的基本框架如图 1 所示。

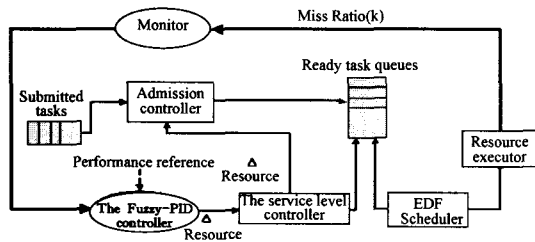


图 1 自适应模糊-PID 反馈控制调度模型基本框架

图 1 中主要包括接入控制器、模糊-PID 控制器、服务等级度调节器、EDF 调度器以及性能监测器等实现模块。被提交到网络系统中的任务通过接入控制器进入就绪队列,等待 EDF 调度器调度或被拒绝。在采样时刻,性能监视器获取该采样窗口内的截止期错失率,根据与事先设定的性能参考基准值的比较进而计算出截止期错失率性能偏差及偏差微分,然后由模糊-PID 控制器计算出某网络资源(Resource)的利用率增益 $\Delta Resource$ 。最终通过调整任务的运行级别或通过接入控制器对新任务进行接纳控制,使系统截止期错失率控制在期望值附近。

2 网络 Agent 中的模糊-PID 控制器构建

把自动控制理论与技术引入网络系统调度模型之中,一个最重要的工作就是应当确定其相应的被控变量、性能参考值及操控变量等多项衡量指标。在本文所提出的模型中,在构建具体的 Agent 时,构建基于多项衡量指标的“模糊-PID 控制器”将显得尤为重要。

由自动控制的理论可知,当网络系统的负载突然发生较大变化时,使用 PID 控制器进行自适应控制,往往需要较长的时间才能达到性能参考值附近(该状态称为稳态),而模糊自适应控制器则能很快进入稳态。相反,当网络系统负载发生较小变化时,PID 自适应控制能很快进入稳态,而模糊控制则容易发生超调,影响进入稳态的时长。因此,采用两种控制器混合控制的方式,即本文所称的“模糊-PID 控制方式”,则可以扬长避短,达到较好的控制性能。其基本算法为:设定一性能偏差阈值,当性能偏差大于该阈值时,采用模糊控制器,否则采用 PID 控制器进行性能控制。下面给出的伪码函数 Fuzzy_PID 是本文提出的模糊-PID 性能控制算法,该控制器每隔 W 时间周期调用 1 次。

```
void Fuzzy_PID()
{
    Get MissRatio(k) during last sampling period kW;
    e(k) = MissRatio(k) - MS;
    ce(k) =  $\frac{e(k) - e(k-1)}{W}$ 
```

```
if((abs(e(k)) < Mthreshold)) { /* PID control function, abs(e(k)) is
the absolute value of e(k) */
```

$$\Delta Resource(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{iw} e(i) + K_D ce(k);$$

```
} else { /* fuzzy control */
```

```
Get the  $\acute{e}(k)$  and  $\acute{c}\acute{e}(k)$  by fuzzier;
```

```
Get the output value  $\acute{u}(k)$  by looking up in the fuzzy decision control table using the inputs  $\acute{e}(k)$  and  $\acute{c}\acute{e}(k)$ ;
```

```
Get the  $\Delta Resource(k)$  by domain transformer using the input  $\acute{u}(k)$ ;
```

```
}
```

```
Call the service level controller and the admission controller to tune the manipulated variable;
```

```
}
```

3 仿真试验及模型性能分析

为了验证本文所提出的“自适应模糊-PID 反馈控制调度模型”之实际功效,将本文中的算法与文献[9]中提出的 IL-HA 算法进行比较。为了便于对比实验,用 C 语言实现了一个调度模拟仿真平台,该调度模拟仿真平台可以在 Windows 或 Linux 的单机环境下运行。调度模拟仿真平台主要由仿真实验环境、调度算法库及性能评测模块 3 部分组成。其中,仿真实验环境可以模拟网格中不同的任务和资源的属性,从而获得不同的网格应用及网格资源环境;调度算法库中给出了构建在本文所提出的模型基础之上的“Fuzzy_PID”调度算法及其它对比性传统算法;性能评测模块用于计量调度计划的调度长度及算法的运行时间。基于该平台首先对网格任务及网格资源进行模拟,然后调用算法库中的调度算法生成调度方案,最后通过性能评测模块计量调度算法及调度方案的性能参数。

3.1 实验环境

硬件环境是 1 台 DELL PowerEdge 1600SC [Intel (R) Xeon(TM) CPU 2.40GHz, 1.00GB 内存], 软件环境是 Microsoft Windows Server 2003 Enterprise Edition。调度算法是在 Visual C#.NET 开发环境下实现的,运用 .NET 的资源管理、统一类型和远程处理技术,以客户端通过简单对象访问协议(SOAP)跨平台访问 Web 服务组件的方式,在 Internet 异构环境中组建的网格计算系统中进行任务调度。仿真环境进行了如下假设:

- 1) 任务之间都是独立的,即每个任务的请求不依赖于其他任务请求的开始或完成;
- 2) 任务执行环境的资源是充分的,即除了计算资源,其它资源不存在和其它任务竞争的问题;
- 3) 当任务错过截止期限时,该任务放弃本次执行,并让出相应资源。

3.2 实验结果分析

分析一个调度算法的优劣标准,复杂而不唯一。尽管在本文的成文过程中,笔者已就各方面的测试标准对所提出的调度模型进行了性能上的统计分析,分析结果表明网络自适应模糊-PID 反馈控制调度模型的应用能够大大提高网络任务调度的总体性能,能够大大减少网络调度过程中可能出现的“调度失效”,但限于篇幅,仅就任务样本的截止期错失率对比数据做一个分析,以便让学者们一窥该模型的性能表现。表 1 和表 2 分别是在测试网络提交任务总负载为 100% 与

200%的情况下,ILHA 调度算法与本文提出的 Fuzzy_PID 调度算法中不同重要程度任务样本的截止期错失率对比数据。

表1 任务调度截止期错失率比较(测试任务负载 100%)

调度算法	平均截止期错失率(负载 100%)		
	重要任务	一般任务	非重要任务
ILHA 调度	0	0	4.11
Fuzzy_PID 调度	0	0	0

表2 任务调度截止期错失率比较(测试任务负载 200%)

调度算法	平均截止期错失率(负载 100%)		
	重要任务	一般任务	非重要任务
ILHA 调度	7.14	14.16	96.33
Fuzzy_PID 调度	34.68	36.48	38.67

表1、表2中的实验分别表示网格系统在分别处于“轻负载”和“重负载”情况下的比较情况。测试结果表明:不论在网格系统中的任务负载 $U \leq 1$ 还是 $U > 1$, 使用 Fuzzy_PID 调度算法均能表现出较为优越的性能;而通过 ILHA 算法仅在轻负载(即负载在 100%以下)时是可调度的。但当负载量进一步上升后,ILHA 算法的性能将会迅速下降。由此可见,基于“自适应模糊-PID 反馈控制调度模型”的 Fuzzy_PID 调度算法能够明显减少各类任务的截止期错失率。

结束语 网格环境下在任务初始化(包括,切分、分组等工作结束后,采用基于自适应“模糊-PID”反馈控制调度机制予以调度可以同时避免单独采用模糊理论和 PID 技术时所存在的诸多缺点,且具备了两者各自的优越性。实验证明,与传统的 Sufferage、Backfilling 和 ILHA 等算法相比,我们的调度模型均表现了它在负载均衡上的优点,且彻底消除了任务的重新调度,在总的任务完成时间上有较大幅度的提高;减小了任务的总完成时间。本文的研究可以看作是这一方向上所作的一些努力。但是,文中的研究主要针对独立任务的调度问题,在实际情况下,许多任务之间存在通信和数据依赖关

系,这些任务必须按照一定的先后次序执行。下一步,我们将对任务切分后,对子任务的排序和并发执行条件等相关工作予以研究。

参 考 文 献

- [1] Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The anatomy of the grid: enabling scalable virtual organizations[J]. International Journal of Supercomputer Applications, 2001, 15(3)
- [2] De Roure D, Baker M A, Jennings N R, et al. The evolution of the grid. Research Agenda, UK National Science Center, 2002
- [3] 殷锋,李志蜀,等. 基于时间序列关联规则的网格任务切分模型[J]. 北京理工大学学报, 2006, 26(S1): 61-64
- [4] Maheswaran M, Ali S, Siegel H, et al. Dynamic mapping of a class of independent tasks onto heterogeneous computing systems[J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 1999, 59(2): 30-44
- [5] Stankovic J A, Lu Chenyang, Son S H. The case for feedback control real-time scheduling[C]// The 11th Euromicro Conference on Real-Time Systems. York, UK, 1999, 11-20
- [6] Cervin, Eker J. Feedback scheduling of control tasks[C]// The 39th IEEE Conference on Decision and Control. Sydney, Australia. 2000, 5(5): 4871-4876
- [7] 金宏,王宏安,傅勇. 模糊反馈控制实时调度算法[J]. 软件学报, 2004, 15(6): 791-798
- [8] Litoiu M, Tadei R. Real-time task scheduling with fuzzy deadlines and processing times[J]. Fuzzy Set and Systems, 2001, 117(1): 35-45
- [9] Beaumont O, Boudet V, Robert Y. The iso-level scheduling heuristic for heterogeneous processors [C]// Proc. of PDP 2002. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2002: 335-342
- [10] Widodo A, Yang B, Han T. Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of induction motors[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32: 299-312
- [11] Yang B S, Han T, Hwang W W. Fault diagnosis of rotating machinery based on multi-class support vector machines[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2005, 19(3): 846-859
- [12] Hu Q, He Z, Zhang Z, et al. Fault diagnosis of rotating machinery based on improved wavelet package transform and SVMs ensemble[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2007, 21: 688-705
- [13] Zhu M L, Chen S F, Liu X D. Sphere-structured support vector machines for multi-class pattern recognition[C]// Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2639, 2003: 589-593
- [14] Wang J, Neskovic P, Cooper L N. Bayes classification based on minimum bounding spheres[J]. Neurocomputing, 2007, 70: 801-808
- [15] Schölkopf B, Burges C, Vapnik V N. Extracting support data for a given task[C]// Proceedings of First International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 1995: 252-257
- [16] Schölkopf B, Platt J, Shawe-Taylor J, et al. Estimating the support of a high-dimensional distribution[J]. Neural Computation, 2001, 13(7): 1443-1471
- [17] Tax D, Duin R. Support vector data description [J]. Mach. Learn, 2004, 54: 45-66
- [18] Lee D, Lee J. Domain described support vector classifier for multi-classification problems[J]. Pattern Recognition, 2007, 40: 41-51
- [19] Lin C F, Wang S D. Fuzzy support vector machines [J]. IEEE Trans. on Neural Networks, 2002, 13(2): 464-471
- [20] Lin C F, Wang S D. Training algorithms for fuzzy support vector machines with noisy data[C]// Proceedings of the IEEE 8th Workshop on Neural Networks for Signal Processing. 2003: 517-526

(上接第 184 页)

- [8] Widodo A, Yang B, Han T. Combination of independent component analysis and support vector machines for intelligent faults diagnosis of induction motors[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32: 299-312
- [9] Yang B S, Han T, Hwang W W. Fault diagnosis of rotating machinery based on multi-class support vector machines[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2005, 19(3): 846-859
- [10] Hu Q, He Z, Zhang Z, et al. Fault diagnosis of rotating machinery based on improved wavelet package transform and SVMs ensemble[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2007, 21: 688-705
- [11] Zhu M L, Chen S F, Liu X D. Sphere-structured support vector machines for multi-class pattern recognition[C]// Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2639, 2003: 589-593
- [12] Wang J, Neskovic P, Cooper L N. Bayes classification based on minimum bounding spheres[J]. Neurocomputing, 2007, 70: 801-808