

基于网格计算市场模型的资源与作业描述语言的研究^{*}

陈 颖 杨寿保

(中国科技大学计算机科学技术系 合肥230026)

摘 要 网格计算市场模型是把经济学的概念应用到网格的资源管理和作业调度中的模型。本文分析了网格计算市场模型中资源和作业描述语言的需求,简要介绍了资源和作业描述语言 Classified Advertisements (Classad),指出它在网格计算市场模型中描述资源和作业的不足之处,对它做了相应的改进和扩充,以实现在经济模型下对资源和作业更加灵活、细粒度的描述。

关键词 网格计算,计算市场模型,资源和作业描述语言

Research on Resource & Job Specified Language Based on Grid Computing Environment of Computational Market Model

CHEN Ying YANG Shou-Bao

(Department of Computer Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

Abstract Grid computational market model is a model which applies notations in economy to resource management and job scheduling. This paper analyzes the requirements of resource specification language (RSL) and job specification language (JSL) based on grid computational market model, simply introduces the RSL & JSL of Classified Advertisements (Classad), points out its deficiency in describing resource and job on computational market model and makes corresponding expansions and improvements, which realizes a more flexible and finer descriptions of resources and jobs in computational Market Model.

Keywords Grid computing, Computational market model, Resource and job specified language

1 引言

通过使用网格^[1]技术,人们希望能够实现廉价、普适(Ubiquitous)的高性能计算,能够合作存取各种数据信息,能够提供广域多媒体应用等等。然而,由于网格计算是个新的研究领域,网格计算环境相对于网络计算环境有着更为复杂的特征。实现有效的网格计算还有很多需要解决的问题,其中,在网格环境里如何有效地管理资源和调度计算是影响网格计算是否成功的最重要因素之一。

在我们人类社会,资源的分配往往是通过市场来执行的。人类社会市场机制的成功促使人们也希望用相似的概念来解决在多代理系统(MAS)^[2]领域里的资源分配问题,即通过资源提供者出售资源、资源需求者购买所需资源的方法来实现资源分配。资源作为一种商品,其价格主要由该商品的供求状况所决定,对一种资源,高的需求将抬高它的价格,低的需求将降低它的价格。

用多个参数来准确地描述一个资源(作业)叫做资源(作业)的参数化^[3]。通过资源的参数化,我们可以使用包括价格、计算速度、资源位置等多个参数来更细致地定义任务的资源需求。

计算市场模型^[4]下资源和作业的特殊性使得对资源和作业的描述语言也要做相应的扩充和改进。本文第2部分描述了计算市场模型的相关工作,第3部分介绍了基于计算市场模型的资源与作业描述语言,第4部分简要介绍了参数化语言

Classad^[5],第5部分指出了它在计算市场模型下的不足之处,并提出了改进和扩充,通过这些改进和扩充,可以把价格、预算、期限等经济模型下的特点更加充分地表现出来。最后总结全文并提出未来的工作。

2 相关工作

网格和 P2P^[6]计算平台使得地理上分布式的资源,比如计算能力和数据资源的共享、选择和增加以解决大规模的科学、工程和贸易问题成为可能。然而,在这些环境下的资源管理和调度是很费周折的。地理上分布的资源被具有不同使用策略、不同花费模式的不同组织所拥有,这是一个很麻烦的问题。生产者(资源拥有者)和消费者(资源使用者)有不同的目标、策略和要求。为迎接这些资源管理的挑战,当前已经建立了一个分布式的基于市场经济的计算体系结构,即计算经济的网格体系结构(Grid Architecture for Computational Economy, 简称 GRACE)^[7,8]。但 GRACE 并没有引入价格等参数来描述资源和作业。这一点可以通过一个例子^[9]来说明:

```
[
  Type = "job";
  Owner = "Myself";
  Executable = "Myimage";
  Rank = other. PhysicalMemory > 256 &&
  other. Mips > 20 || other. Kflops > 2000;
  Imagesize = 275M;
  Constraint = other. Virtual > self. Imagesize;
]
```

^{*} 本文得到国家自然科学基金项目(编号60273041)和国家863计划(编号2002AA104560)的资助。陈 颖 硕士研究生,主要研究方向:网格计算、机群计算;杨寿保 教授,博士生导师,主要研究方向:网格计算、密码学和网络安全。

提交者 Myself 希望在满足下述条件的网格节点上运行某个作业的一段大小为275MB的进程 Myimage:该网格节点的物理内存至少为256MB,CPU速度大于20Mips或者2000kflops并且虚拟内存的大小比作业本身要大。

从上面的例子我们可以看出,它并没有把计算市场模型的特点包含在里面(例如:它没有体现计算市场模型中一个最重要的参数 price),显然,仅仅采用上述方法来描述一个基于市场的模型并不合适,这要求我们必须在 Classad 的描述中加以改进。

3 基于计算市场模型的资源和作业描述语言

在建立分布式的面向服务的计算市场模型中,我们希望由经济学上的成功而引入的点到点和网格式的软件系统起重要作用。为了能够比传统的系统传输更多信息给用户,基于计算经济的资源管理系统需要提供一些机制和工具,使资源使用者(终端用户)和提供者(资源所有者)能说明各自的需要,并促进他们实现各自的目标^[10]。

在计算市场模型下,网格系统、网格资源调度、资源拥有者和用户等等都有新的需求,这些需求导致了资源描述语言的特殊性。在引入计算经济的网格模型中,资源拥有者和终端用户需要:描述他们的要求、估价和目标(价值表达式)的方法;把它们转化为资源分配(价值传送)的调度策略;增强对不同服务、运行时期可能出现的变化和动态适应的选择与分配机制。

在单个的管理领域中,基于市场的系统也提出过类似的要求。网格需要使用有竞争的经济模式,因为资源提供者和资源使用者总是随时间改变有不同的目标、对象、策略和要求。在面向计算网格的市场中两个关键的参与者,即资源提供者和资源使用者,每一方都有自身的目标和策略。

如图1所示,在计算市场模型中,资源使用者采用在规定时间内和预算内解决问题的方法,而资源提供者则采用在投入一定时尽可能地获取最大受益的策略。资源提供者通过提供一个有竞争力的价格来吸引用户以达到最大化他们资源使用率的目的。用户则挑选能够最好地满足他们需求的资源提供者。假如资源提供者有本地用户,他们就会对空闲资源尽量利用。为了达到这个目的,网格系统需要提供一套机制和工具,它允许资源提供者和用户都能表达各自的需求。网格资源使用者和资源捐客联系,表达他们的需求,比如他们对解决一个问题的预算和期限。网格资源提供者也需要工具来表达他们的价格机制以使他们的最大化利益和资源使用率^[10]。

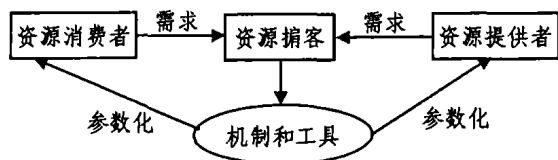


图1 简化的资源消费者和资源提供者之间的关系

基于市场经济的计算体系结构依靠它们服务的品质保证(QOS)给资源拥有者提供贡献和共享资源的动机,并使使用者考虑占有时间(如期限 deadline)和计算花费(如预算 budget)之间的权衡。我们认为对把网格提升为一个主流计算范例来说,这种做法是很重要的,它将导致一个新的面向服务的计算工业的出现。

4 资源的参数化及参数化语言

理想状态的资源市场应能够分配因特网上所有的可用资源。这些资源包括各个种类:计算资源(包括CPU时间、文件服务器等),信息资源(数据库、视频等),通信资源(连接、QOS等),服务(存取特定的算法等),以及硬件(打印机、照相机等)等。但在现实环境中,往往需要多个参数才能准确地定义一个资源。例如一个打印机的参数可以包括:纸张大小、打印机位置、打印速度、打印质量等。任何一个用户都必须检查这些特定的参数是否符合自己的要求才能决定是否使用此打印机。在建立市场来分配资源时,这不是一个容易解决的问题。市场中忽略这些参数将使得任何形式的资源分配不再有效;然而将所有的参数都考虑进市场定义则导致对于每个请求和每个资源提供者逻辑上隔离的市场,因此消除了竞争和分配的灵活性。

资源的分配通过专门的描述语言来实现,这些描述语言肩负着双重的任务,即它们既能够描述资源提供者提供的资源,又能够描述作业提交者对资源的需求。Classad 被用来描述工作、工作站以及其他的一些资源,在文件中起统计和调试的作用,有时也被用来询问系统的状态。它的特点是:简单、描述能力强、灵活性大。

资源和作业描述语言用来给资源提供者描述资源,给用户描述请求。

对描述语言的要求有:易于使用、理解;对资源提供者和用户是平衡的;高度的灵活性和描述能力;能够体现约束性和优先权;能够被机器识别。

其中,高灵活性和描述能力表现在:灵活到能够描述不同场景下的不同服务,例如:网格资源选择、e-通讯;描述功能强到既能描述简单服务又能描述在一定结构下,包含一些简单服务的复杂服务;具有描述半结构数据的能力。

Classad 是从属性名称到表达式的一个映射。在最简单的例子里,表达式就是简单常量(整型、浮点型和字符串型),而 Classad 就是一个性质表。它的主要目标是允许资源和作业间的简单匹配,并保证作业在网格上的正确执行。如果两个包含特性要求的逻辑表达式都被满足,那么 Classad 表达式匹配。

5 对资源和作业描述语言的扩展

对资源和作业的描述语言来说,引入计算市场模型带来的改变主要是引入了价格(对资源而言)、期限和预算(对作业而言)这三个关键的参数。原有的资源和作业描述语言并没有提供对这三个参数的描述,因而我们对原有的资源和作业描述语言提出改进和扩充,为了更清晰地说明问题,我们以具体的描述语言 Classad 为例。

对作业描述语言:

```

[
  Type = "job";
  Owner = "Myself";
  Executable = "Myimage";
  Rank = other. PhysicalMemory > 256 && other. Mips > 20 || other. Kflops > 2000;
  Imagesize = 275M;
  Constraint = other. Virtual > self. Imagesize;
  Budget = {...};
  Deadline = {...};
]
  
```

其中,一个简单的 Deadline(期限)定义可以包括如下参数:

```

{
  ...
  producer id //区分不同的资源提供者
}
  
```

```

low_price_deadline=f1(price);//价格低情况下的期限,它是一个以价格为自变量的函数
high_price_deadline=f2(price);//价格高情况下的期限,也是一个以价格为自变量的函数
...
}

```

同样,一个简单的预算定义可以包括:

```

{
...
producer_id//区分不同的资源提供者
min_budget=f3(rcredit)//用户的最小预算,表示成为资源信誉度的函数
max_budget=f4(rcredit)//用户的最大预算,表示成为资源信誉度的函数
...
}

```

在加入了 budget 和 deadline 以后,用户针对不同资源提供者的预算和期限都很好地表现出来,并且我们可以看出,该预算和期限完全是动态的,它会随着价格或者说供求关系发生相应的改变,这和我们的初衷保持了一致。

对资源描述语言:

对资源而言,价格并非唯一的参数,但却是最重要的参数之一。在计算市场模型中,我们重点放在网格资源的价格改变上。以下是一个例子:

```

hostname = "hugo.mcs.anl.gov";
volume = "/dev/sandbox";
availableSpace = 50G;
MaxRDBandwidth = 75k/Sec;
requirement = other.reqdSpace < 10G
&& other.reqdRDBandwidth < 75k/Sec;

```

这是一个用 Classad 描述的一个存储资源的能力的简单例子,它定义了“资源所有者”、“资源容量”、“空间”“最大带宽”、“附加要求”等五个参数来描述该资源,在引入经济模型的网格计算中,我们可以在里面加入服务价格参数 price = {...}来更好地描述它,这个价格可能具有多个参数来反映资源的实际情况,一个简单的价格定义可能包含下列参数:

```

{
...
consumer_id // 可以和 Grid-ID 相同
work-time-price //资源在工作时,资源的价格
offpeak-time-price //资源在闲暇时,资源的价格
discount-when-lightly-loaded // 如果负载低于一个特定值
raise-price-high-demand // 如果负载高于一个特定值
price-holiday-time // 节假日或周末
...
}

```

我们可以考虑如下一个具体的例子,如图2所示,直线 A 和 B 分别代表不同资源提供者的商品数量和价格的关系,横座标 q 表示商品的数量,纵座标 p 表示价格。分别从直线 A 和 B 中选取两个点,它们的横座标分别是 q1, q2 和 q3, q4。

用 Classad 语言描述如下:

```

{
...
consumer_id = A
work-time-price = ¥10
leisure-time-price = ¥20
high-demand-price = ¥24
discount-when-lightly-loaded = ¥9
...
}
{
...
consumer_id = B
work-time-price = ¥12
leisure-time-price = ¥21
high-demand-price = ¥28
discount-when-lightly-loaded = ¥13
...
}

```

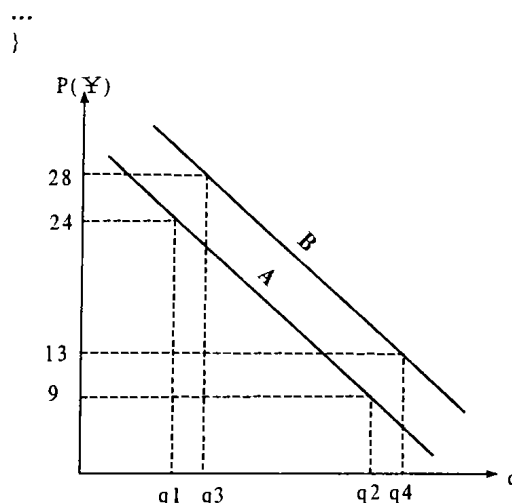


图2 价格和数量的关系

这个例子充分表明了价格的动态性。不同的资源提供者(A 和 B)有不同的价格。对一个资源提供者(例如 A)来说,需求量会随着价格而改变(例如,对于 A 而言,价格是9元时需求量相对较大,价格是24元时需求量相对较小)。实际上在现实社会中,需求量会被除价格外多得多的因素所影响,预算和期限也是一样。

另外,传统上来说,生产者基于生产费用和期望边际利润给他们的货物或者服务定价。然而,从消费者观点来看,价值取决于资源耗费、维护费用、需求等诸多参数。

总结与展望 资源和作业描述语言是资源管理和作业调度的一个重要方面,而当前对资源和作业描述语言的研究是网络经济系统研究中的一个热点,缺少描述计算市场模型特点的参数就不能全面地反应一个资源或者作业。为此,我们增加一些参数(如价格、预算和期限)对 Classad 进行了一些改进和扩充,通过这些改进和扩充,计算市场模型的特点以及动态性得到了充分的体现。在下一步的工作中,我们打算实现一个相对简化的市场模型,并把在资源和作业描述语言的扩充应用到这个模型上面,做进一步的实现。

参考文献

- 1 Foster I, Kesselman C. The Grid: Blueprint for a Future Computing Infrastructure. Morgan Kaufmann Publishers, USA, 1999
- 2 www.acm.org/crossroads/xrds5-4/multiagent.html
- 3 Parastatidis S, Watson P, Webber J. Grid Resource Specification. 2003 North East Regional e-Science Centre School of Computing Science University of Newcastle, Newcastle-upon-Tyne, NE1 7RU United Kingdom, Page 2~3
- 4 Steiglitz K, Honig H L. A computational market model based on individual action. Market-based control: a paradigm for distributed resource allocation table of contents. Year of Publication: ISBN: 981-02-2254-8. 1996. 1~27
- 5 www.cs.wisc.edu/condor/manual/v6.4/4-1Condor-s-ClassAd.html
- 6 Oram A. Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies. O'Reilly Press, USA, 2001
- 7 Buyya R, Abramson D, Giddy J. A Case for Economy Grid Architecture for Service-Oriented Grid Computing. In: Proc. of the Intl. Parallel and Distributed Processing Symposium: 10th IEEE Intl. Heterogeneous Computing Workshop (HCW 2001), San Francisco, California, USA, IEEE CS Press, USA, 2001
- 8 Buyya R, Abramson D, Giddy J. An Economy Driven Resource Management Architecture for Global Computational Power Grids. In: Proc. of the 2000 Intl. Conf. on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA 2000), Las Vegas, USA, CSREA Press, USA, 2000
- 9 http://www.bo.infn.it/alice/introgrd/introgrd/node6.html
- 10 Buyya R. Economic-based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing. www.buyya.com/thesis/abstract.pdf