

云计算下基于 CRP 算法的资源提供策略

郭 怡^{1,2,3}, 茅 苏^{1,2,3}

(1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;

2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210003;

3. 宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室, 江苏 南京 210003)

摘 要:云计算资源管理系统是用于接收来自云计算用户的资源请求,并且把特定的资源封装为服务提供给资源请求者。在云计算环境下,如何为资源请求者选择合适的资源是一个值得研究的课题。文中通过对云计算下现有的资源提供策略的分析,同时根据不同云提供者提供的计算资源的成本不同的特点,综合考虑资源的计算能力、可靠性和单位成本三点因素,提出了云计算下基于 CRP 算法的资源提供策略。这种资源提供策略既能提供满足用户资源请求的服务,也能降低云服务提供者的运营成本,从而获得更大收益。

关键词:云计算;资源提供;收益;CRP 算法

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)02-0080-05

CRP Algorithms Based Resource Provisioning Policy for Cloud Computing

GUO Yi^{1,2,3}, MAO Su^{1,2,3}

(1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing 210003, China;

3. Key Lab of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology of Ministry of Education, Nanjing 210003, China)

Abstract: Resource management system for cloud computing is used for receiving resource requests of users and providing service for users by encapsulating given resources. How to provide the right resource for users is a valuable topic. By analyzing resource provisioning policies for cloud computing in current situation and combining the feature of resource that unit cost of different resource provided by different cloud provider is different, propose CRP (capacity-reliability-price) algorithms based resource provisioning policies for cloud computing. This policy not only provides good service for users, but also reduces the management cost of cloud service provider.

Key words: cloud computing; resource provisioning; benefit; CRP algorithms

0 引 言

云计算^[1-4]的核心是将某一个或某几个数据中心的计算资源虚拟化之后,向用户提供以租用计算资源为形式的服务。云计算资源管理系统的功能是接收来自云计算用户的资源请求,并且把特定的资源封装成服务提供给资源请求者。

很多云计算的研究者也从不同的角度去探索云计算中资源提供^[5-7]的方法。有从资源的计算能力的角度来选择资源,有从资源的可靠性去选择资源,还有从

资源的成本因素去选择资源的。文中综合考虑了物理资源的计算能力、可靠性和单位成本三方面因素,提出了一种基于 CRP 算法的资源提供策略。因为云服务提供者使用不同云提供者所提供的资源的成本是不一样的,因此云服务提供者在选择资源的时候,就应当考虑其提供服务的成本问题。文中提出的这种资源选择策略能使云服务提供者选择资源更加合理,既能满足用户资源需求,又能降低云服务提供者的运营成本。

1 对云计算下现有资源提供策略的概述与分析

1.1 云计算下资源提供策略的一般过程

云计算下资源提供策略的框架图如图 1 所示。

1) 当虚拟机调度器接收到作业执行请求时,将作

收稿日期:2011-07-02;修回日期:2011-10-10

基金项目:江苏高校优势学科建设工程项目(yx002001)

作者简介:郭 怡(1988-),男,四川资阳人,硕士研究生,研究方向为基于网络的计算机软件应用技术;茅 苏,高级工程师,研究方向为基于网络的计算机软件应用技术。

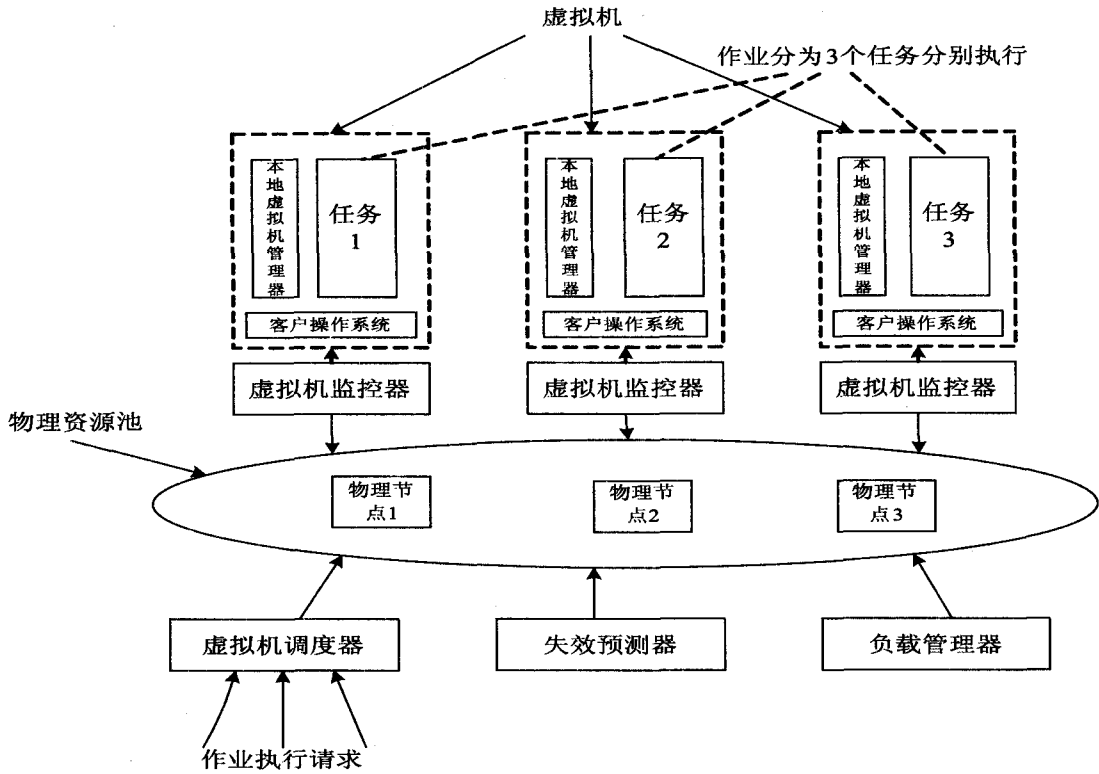


图1 云计算下资源提供策略框架图

业拆分为 K 个能并行执行的任务。

2) 依据 K 个任务的截止时间及各自对计算能力的要求,虚拟机调度器采用具体的资源选择策略来为任务选择合适的计算资源。

3) 虚拟机监控器^[8]根据所选择的物理资源为上层的虚拟机^[9]提供硬件资源抽象,同时为客户操作系统提供运行环境。

4) 待执行的任务封装在虚拟机内执行。

1.2 现有的常用资源提供策略的分析

1.2.1 随机选择策略

当用户作业请求到来时,一个作业可分为 K 个任务并行处理。随机选择策略^[6](Rand 算法)就是在资源池中随机选择资源池中的一组空闲资源 G ,将这些选择好的资源通过虚拟化技术实例化为 K 个虚拟机并分别执行各自的任務。这种策略会在那些满足任务计算能力请求的物理资源中随机选择,而没有考虑其可靠性和成本因素。当该策略下选择的资源经实例化为虚拟机后,虚拟机不能保证任务在任务截止时间之前顺利完成。

1.2.2 第一匹配选择策略

根据各任务的截止时间,将资源分为可靠和不可靠两个集合。第一匹配选择策略(FF 算法)^[7]是在所有可靠资源中,根据资源的计算能力将其按降序排列。在这个有序列中,每次为任务挑选计算能力最好的资

源执行任务,这种策略使得任务的执行时间最短,能在最短时间内完成任务。这种策略下,因为只在满足可靠性条件的资源中加以选择,所以不可靠资源得不到利用。

1.2.3 基于可靠性的最佳选择策略

在第一匹配选择策略中可看出,策略只选择那些可靠的物理节点,使得不可靠的物理节点的资源得不到利用,这样会造成资源的浪费。因此,基于可靠性的最佳选择策略(BF 算法)^[7,10]为了提高资源的利用率,将那些不可靠的物理节点也作为候选节点,使得这些节点也有可能参与任务执行。

首先,该策略根据失效预测器^[11]对各物理节点的可靠性预测,将所有的可用物理节点在 t 时刻依据其相对任务 a_i 而言的可靠性状态分为两组:可靠组 $G1$ 和不可靠组 $G2$ 。然后,根据两种情形分别选择资源。对于可靠组物理节点而言,依据公式1中计算能力-可靠性因子 cr 的最小值来选择物理节点。

$$cr = \alpha \frac{c_j(t_0) - \frac{w_i(t_0)}{d_i - t_0}}{\frac{w_i(t_0)}{d_i - t_0}} + (1 - \alpha) \frac{\delta_j(t_0) - d_i(t_0) + t_0}{d_i(t_0) - t_0} \quad (1)$$

其中, $0 < \alpha < 1$, α 用来动态调整计算能力和可靠性两方面的权重、 cr 最小值,以达到算法最佳选择物理节点的目的。

对于不可靠组物理节点而言,任务不能在这些节点上一次性完成,必须为它们找到另一个可供虚拟机迁移^[12]以继续执行剩余任务的可靠节点,为此付出的代价是虚拟机迁移开销 τ 。因此为任务选择的两个物理节点选择满足公式 2 中计算能力-可靠性因子 cr 的最小值。

$$cr = c_j(t_0) \cdot \delta_j + c_k(t_0) \cdot (d_i - t_0 - \delta_j - \tau) - w_i(t_0) \quad (2)$$

基于可靠性的最佳选择策略充分考虑了物理节点的计算能力和可靠性因素,提高了资源的利用率,但这种策略没有考虑物理节点的成本因素。

1.3 三种资源提供策略的比较

1) 随机选择策略(Rand 算法)只是在那些满足任务计算能力请求的物理资源中随机选择的,既没有考虑资源的可靠性,也没有考虑资源的成本因素。因此,这种策略不能保证将这些资源实例化为虚拟机后,虚拟机能够在任务截止时间之前顺利完成任务。

2) 第一匹配选择策略(FF 算法)在所有满足任务可靠性因素的前提下,选择计算能力最好的资源,这样能够保证任务的正常执行。由于这种策略没有将那些计算能力充足但并不可靠的资源加以利用,会造成资源的浪费,同时每次为任务选择计算能力最好的资源也会造成计算资源的浪费,忽略了云服务提供者的运营成本因素。

3) 基于可靠性的最佳选择策略(BF 算法)将那些不可靠节点资源也用来执行任务,提高了资源的利用率,同时能顺利执行任务。但该策略没有将云服务提供者的运营成本加以考虑,使得这种策略下的资源选择不合理。

综上所述,通过对现有的云计算下资源提供策略的分析,最佳选择策略将物理节点的可靠性因素和计算能力作为资源选择的依据,但从云服务提供者的角度看,由于不同的云提供者所提供的资源的价格是不同的,因此,云服务提供者在选择不同云提供者所提供的计算资源的成本是不同的。云服务提供者为用户请求提供任务的计算资源的时候,也应当考虑计算资源的成本因素。由此,文中提出了一种基于 CRP 算法的资源提供策略。

2 基于 CRP 算法的资源提供策略

一个作业分为 K 个任务并行处理,可表示为 (a_1, a_2, \dots, a_k) , 在为每个任务选择合适的物理节点时,需要考虑物理节点的性能状态,包括 CPU 和内存的计算能力、资源利用率、节点负载水平以及节点可靠性状态。为了做出合理的选择,基于 CRP 算法的资源提供

策略定义了以下变量:

- $w_i(t)$: t 时刻下任务 a_i 的剩余负载量
- d_i : 完成任务的截止时间
- $c_i(t)$: t 时刻下物理节点 j 的可用计算能力
- $\delta_j(t)$: t 时刻下失效预测器对物理节点 j 预测的下次失效时间
- τ : 虚拟机迁移时的迁移开销
- $p_i(t)$: 在时刻 t 由不同云提供者所提供资源的单位时间下单位计算能力的价格
- rb : 根据物理节点的可靠性、计算能力和节点的单位成本来选择合适的物理节点执行任务所带来的策略收益值

根据各个任务的截止时间可把可用物理节点分成两类,即任务的截止时间内能完成任务的节点和不能完成任务的节点。当任务在不可靠节点 j 上执行时一次不能完成任务,必然需要在失效预测器所预测的失效时刻将虚拟机从物理节点 j 迁移到另一可靠物理节点 k 上继续执行并完成剩余任务。将用公式表示以上两种情况分别为:

$$c_j(t_0) \cdot (d_i - t_0) \geq w_i(t_0), \text{ if } d_i \leq t_0 + \delta_j(t_0) \quad (3)$$

$$c_j(t_0) \cdot \delta_j + c_k(t_0 + \delta_j + \tau) \cdot (d_i - t_0 - \delta_j - \tau) \geq w_i(t_0), \text{ if } d_i > t_0 + \delta_j(t_0) \quad (4)$$

K 个云提供者在时刻 t 提供资源的单位成本可用集合 $(p_1(t), p_2(t), \dots, p_k(t))$ 表示。

基于 CRP 算法的资源提供策略的具体过程如下:

1) 根据失效预测器^[8]对各物理节点的可靠性进行预测,将所有的可用物理节点在 t 时刻依据其相对任务 a_i 而言的可靠性状态分为两组:可靠组 $G1$ 和不可靠组 $G2$ 。其中,

$$G1 = \{n_j \mid t_0 + \delta_j(t_0) \geq d_i\}$$

$$G2 = \{n_j \mid t_0 + \delta_j(t_0) < d_i\}$$

2) 根据物理节点的可靠性计算能力和单位成本来为任务选择合适的物理节点,在满足任务需要的情况下,使得执行任务的成本最低化,即收益最大化。

对于可靠性物理节点满足公式 3,利用计算能力-可靠性-价格因子 crp 来选择物理节点,具体公式如下:

$$crp = \alpha \frac{c_j(t_0) - \frac{w_i(t_0)}{d_i - t_0}}{\frac{w_i(t_0)}{d_i - t_0}} + \beta \frac{\delta_j(t_0) - d_i(t_0) + t_0}{d_i(t_0) - t_0} + \gamma \quad (5)$$

$$\cdot c_i(t_0) \cdot p_i(t_0) \quad (5)$$

$$rb = \frac{1}{crp} \quad (6)$$

公式 5 中三项和的第一部分代表计算能力,第二

部分代表可靠性,第三部分代表单位成本,其中, $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$ 且 $\alpha + \beta + \gamma = 1$, 分别对应三个因素在公式 5 中的权重。由公式 6 可知计算能力-可靠性-价格因子 crp 越小,则策略收益值 rb 越大。

对于不可靠物理节点满足公式 4,不可靠节点的选择依据其计算能力和单位成本两个因素,见公式 7。

$$crp1 = \lambda \frac{c_j(t_0) - \frac{w_i(t_0)}{d_i - t_0}}{\frac{w_i(t_0)}{d_i - t_0}} + (1 - \lambda) \cdot c_j(t_0) \cdot p_j(t_0) \quad (7)$$

这种情况下,策略还需要在时刻 t_i 为其选择一个可用迁移节点,这个迁移节点必须满足公式 3。迁移节点的可靠节点的选择依据公式如下:

$$crp2 = \alpha \frac{c_k(t_1) - \frac{w_i(t_0) - c_j(t_0) \cdot \delta_j}{d_i(t_0) - t_0 - \delta_j - \tau}}{\frac{w_i(t_0) - c_j(t_0) \cdot \delta_j}{d_i(t_0) - t_0 - \delta_j - \tau}} + \beta \frac{\delta_k(t_1) - d_i(t_0) + t_0 + \delta_j + \tau}{d_i(t_0) - t_0 - \delta_j - \tau} + \gamma \cdot c_k(t_1) \cdot p_k(t_1) \quad (8)$$

这种情况下的 rb 值由公式 9 得到。

$$rb = \frac{1}{crp1 + crp2} \quad (9)$$

在公式 7 中, $0 < \lambda < 1$, λ 动态调整节点的计算能力和单位成本两个因素的权重。公式 8 中 $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$ 且 $\alpha + \beta + \gamma = 1$, 结合公式 7~9 可知当 $crp1$ 和 $crp2$ 都取得最小值时, rb 策略收益值最大。

3) 选择好合适的物理节点后,将其实例化为虚拟机执行任务 a_i 。

基于 CRP 算法的资源提供策略充分考虑了资源的计算能力、可靠性和单位成本因素,使得云服务提供者在满足用户请求的同时也节约了任务执行的运营成本。

3 实验结果分析

为了搭建异构的环境,本实验使用 5 台配置不同的机器。均为 windows XP SP3 系统,并在每台机器上使用 VMware 7.1 虚拟机安装 Ubuntu 11.04。由其中一台机器上的 VMware vCenter 对所有的物理机和虚拟表 1 各云提供者提供的内存配置和单位计算成本

云提供者	物理机	内存	单位计算成本	虚拟机	内存	单位计算成本
P1	PC1	3G	240	VM1	1G	80
P2	PC2	3G	250	VM2	1G	90
P3	PC3	2G	160	VM3	2G	150
P4	PC4	2G	150	VM4	2G	180
P5	PC5	1G	100	VM5	3G	250

机进行集中式管理,包括对机器资源的调度以及物理机到虚拟机的转换。假设 5 台机器分别由 5 个不同云提供者提供各机器全部采用 Intel dual core 2.16G 处理器,内存配置和单位计算成本都在表 1 中给出。

首先生成一组待提供资源的任务,分别运用四种资源提供策略,即 Rand 算法、FF 算法、BF 算法、CRP 算法,为其选择资源并执行 7 次。其中, BF 算法中 $(\alpha, \beta) = (0.5, 0.5)$, CRP 算法所有公式中 $(\alpha, \beta, \gamma, \lambda) = (0.1, 0.3, 0.6, 0.5)$, 执行四种云计算资源提供策略的策略收益值如图 2 所示。

从图 2 中可以看出,7 次实验结果都表明, Rand 算法的可靠性收益值都是最低的,因为 Rand 算法对物理资源只是一个对满足任务计算能力的资源进行随机选择的过程,没有考虑物理资源的可靠性和计算成本因素。FF 算法比 Rand 算法的策略收益略高,是因为 FF 算法考虑了资源的可靠性因素。由于其只把可靠性节点利用起来,而那些不可靠但计算能力充足的资源没有加以考虑,它的收益值又比 BF 算法和 CRP 算法收益值低。CRP 算法则充分考虑了物理资源的计算能力、可靠性和单位成本三点的因素,其策略收益值是最高的。通过计算可知, CRP 算法比 BF 算法的策略收益高出 7%。策略收益越高,说明完成任务所花费的成本越低,因此,从图 2 中可以看出 CRP 算法较 BF 算法、FF 算法和 Rand 算法得到了更好的效果。

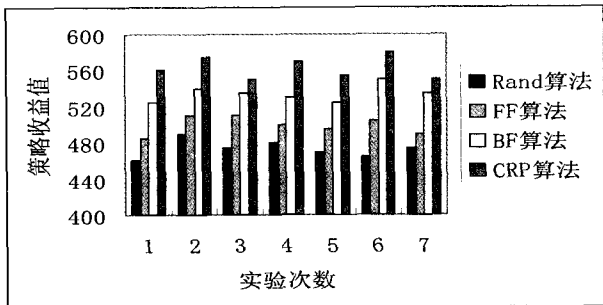


图2 四种资源提供策略执行所获得的策略收益值

为了更准确地获知 CRP 算法中的参数 $(\alpha, \beta, \gamma, \lambda)$ 对策略收益值的影响,其中, (α, β, γ) 分别代表公式 5 和公式 8 中计算能力、资源可靠性、资源成本三因素对策略收益值中的权重。 λ 是用于调整公式 7 中计算能力和资源成本之间的权重。对一组任务采用 CRP 算法进行资源提供,分别采用以下四组参数:

$$(\alpha, \beta, \gamma, \lambda) = (0.1, 0.3, 0.6, 0.5), (\alpha, \beta, \gamma, \lambda) = (0.1, 0.3, 0.6, 0.3)$$

$$(\alpha, \beta, \gamma, \lambda) = (0.2, 0.1, 0.7, 0.5), (\alpha, \beta, \gamma, \lambda) = (0.2, 0.1, 0.7, 0.3)$$

对实验执行 10 次。本次实验结果如图 3 所示。

通过图 3 可知,通过对 CRP 算法中四参数 $(\alpha, \beta, \gamma, \lambda)$ 比重的调整, CRP 算法所获得的策略收益值也不

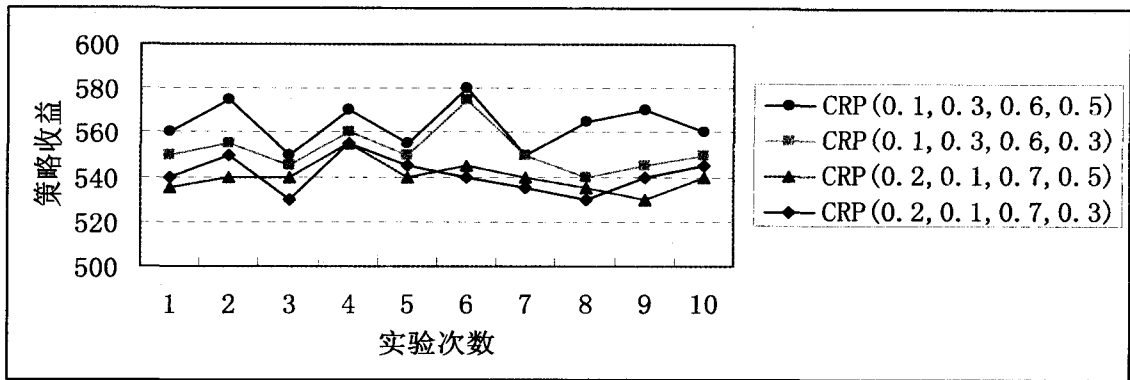


图3 调整 CRP 算法参数所获得的策略收益值

同。其中, $(\alpha, \beta, \gamma, \lambda) = (0.1, 0.3, 0.6, 0.5)$ 时, CRP 算法能获得更好的策略收益值。由此可进一步说明, 基于 CRP 算法的资源提供策略能够在满足用户任务请求的前提下降低运营成本, 获得更大收益值, 也证明了这一策略的有效性。

4 结束语

在云计算环境下, 资源提供策略中资源的合理选择是在满足用户请求的同时又能有效降低云服务提供者的运营成本的一项重要环节。通过实验也可以看出, 文中提出的基于 CRP 算法的资源提供策略根据云计算中资源的特点, 充分考虑资源的计算能力、可靠性和计算成本三点因素, 能够得到更好的策略收益, 同时也说明了这一策略的有效性。

参考文献:

- [1] 王庆波, 金 涛, 何 乐, 等. 虚拟化与云计算[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 110-180.
- [2] 刘 鹏. 云计算[M]. 第 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2011: 1-15.
- [3] 陈 全, 邓倩妮. 云计算及其关键技术[J]. 计算机应用, 2009(9): 2562-2566.
- [4] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing[J]. Communications of the ACM, 2010, 53(4): 50-58.
- [5] Chen Yang, Wo Tianyu, Li Jianxin. An Efficient Resource Management System for Online Virtual Cluster Provision [C]//2009 IEEE International Conference on Cloud Computing. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2009: 72-79.
- [6] 田冠华, 孟 丹, 詹剑锋. 云计算环境下基于失效规则的资源动态提供策略[J]. 计算机学报, 2010, 33(10): 1859-1872.
- [7] Fu Song. Failure-aware resource management for high-availability computing clusters with distributed virtual machines [J]. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2010, 70(4): 384-393.
- [8] Rosenblum M, Garfinkel T. Virtual machine monitors: current technology and future trends [J]. IEEE Computer Society, 2005, 38(5): 39-47.
- [9] Li Yunfa, Li Wanqing, Jiang Congfeng. A Survey of Virtual Machine System: Current Technology and Future Trends [C]//2010 Third International Symposium on Electronic Commerce and Security (ISECS). Guangzhou, China: IEEE Computer Society, 2010: 332-336.
- [10] Schroeder B, Gibson G A. A Large-scale Study of Failures in High-performance Computing Systems [J]. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, 2010, 7(4): 337-350.
- [11] Fu Song, Xu Chengzhong. Exploring Event Correlation for Failure Prediction in Coalitions of Clusters [C]//SC'07 Proceedings of the 2007 ACM/IEEE Conference on Supercomputing. New York, USA: ACM, 2007: 1-12.
- [12] Clark C, Fraser K, Hand S, et al. Live migration of virtual machines [C]//NSDI'05 Proceedings of the 2nd Conference on Symposium on Networked Systems Design and Implementation. Berkeley, CA, USA: USENIX Association, 2005: 273-286.
- [13] [J]. 计算机科学, 2008, 35(8): 287-289.
- [10] 刘敬勇, 张立臣, 钟 勇. 面向方面的中间件[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(8): 68-71.
- [11] Fuentes L, Gamez N. Adding aspects to xadl 2.0 for software product line architectures [C]//VaMoS. [s. l.]: [s. n.], 2007.
- [12] Dashofy E, van der Hoek A, Taylor R. A comprehensive approach for the development of modular software architecture description languages [J]. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 2005, 14(2): 199-245.

(上接第 79 页)