

面向虚拟资源的云计算资源管理机制

袁文成, 朱怡安, 陆 伟

(西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710072)

摘 要:云计算为能够为用户提供基础作为服务(IaaS, Infrastructure as a Service)的计算能力,使得用户能够在使用高效、可靠、经济的计算资源的同时,不用增加额外的购置、维护资源的开销,这在很大程度上要依赖对虚拟资源的使用。因此如何有效地管理虚拟资源,使其使用率最大化并保证用户对资源使用的有效性,已成了眼下的攻关难题。针对这一问题,文章提出了一种面向虚拟资源的云计算资源管理机制,通过对虚拟资源的划分、预留及调度策略,为用户提供有效的 IaaS 服务。通过仿真实验结果表明,该方法能够提高虚拟资源的使用率及保证用户对资源使用的有效性。

关 键 词:云计算,虚拟资源,资源预留策略,资源调度策略

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1000-2758(2010)05-0704-05

云计算(Cloud Computing)^[1]通过虚拟化(Virtualization)技术,整合使用大量的虚拟资源^[2,3],为用户提供 PaaS(Platform as a Service), SaaS(Software as a service)和 IaaS 服务^[1],例如 AMAZON EC2^[4], Microsoft Azure^[5], Google App Engin^[6], Salesforce^[7],使用户能够迅速获得所需的应用环境,能够将更多的精力和开销投入到业务逻辑上。由于对虚拟资源的管理在很大程度上决定了云计算平台所提供的服务质量,因此本文研究的重点是如何管理这些虚拟资源,提出一种面向虚拟资源的云计算资源管理机制,通过资源划分策略、资源预留(Advance Reservation)策略来实现对虚拟资源的分配,确保用户对虚拟资源使用的有效性,并提出一种借入/借出调度策略来实现虚拟资源利用率的最大化。

“云端”,借助虚拟化技术可以根据指定的 CPU 和内存大小,在 1 台宿主主机上创建出多个虚拟主机,每个虚拟主机都可以有各自的操作系统及应用环境,用户可以迅速地云端取得所需的应用环境,而不用考虑资源购置、维护、环境部署等问题。如图 1 所示。

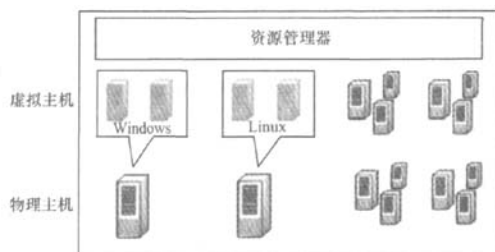


图 1 云端资源分布图

1 虚拟资源划分策略

由于使用虚拟化技术,云计算与传统的计算模式不同,用户能使用的不再是单一的物理资源,更多使用的是借助于 VMware/Xen/Citrix 等虚拟化平台在部分物理资源上构建出来的虚拟资源,这部分物理资源称为虚拟服务器(hypervisor)。换句话说,在

1.1 资源定义

云端的可用资源可包括物理资源及虚拟资源。为了统一管理这些可用资源,本文将每个可用资源表示为一个可调度单元(Slot)。对于物理资源,一个 Slot 代表一个物理主机;对于虚拟资源,一个 Slot 单元由一个二元组 $U(C, M)$ 确定,其中 C 代表 CPU 大小, M 代表内存总数。一个虚拟服务器 P_i 上能够

收稿日期:2009-11-10

基金项目:西北工业大学研究生创业种子基金(Z200852)资助

作者简介:袁文成(1982-),西北工业大学博士研究生,主要从事网格计算及集群计算研究。

提供的 Slot 数为

$$Slot_{P_i} = \min\left(\frac{C_i}{C}, \frac{M_i}{M}\right) \quad (1)$$

C_i 为虚拟服务器 P_i 的 CPU 大小, M_i 为虚拟服务器 P_i 的内存数量。

因此可以得出,云端的可用资源总数 N_{total} 为

$$\begin{aligned} N_{total} &= Slot_{virtual} + Slot_{physical} \\ &= \sum P_i + Slot_{physical} \\ &= \sum \min\left(\frac{C_i}{C}, \frac{M_i}{M}\right) + N_{physical} \end{aligned} \quad (2)$$

1.2 资源分组

根据云计算能够提供 IaaS/PaaS/SaaS 等服务的特点可知,云端资源都是有共性的,或者操作系统是 Windows/Linux,或者能够提供特殊的应用环境,使得用户能够直接使用他们所关心的应用环境,而不是得到一个裸机资源;其次,统一分配和调度无规则的资源,对于拥有大量资源的云端来说是不合适的,除了效率低下以外,还会造成资源使用混乱。因此本文引入了分组(Group)的思想,将具有相同特性的资源分组,用一个四元组 $G(G_{name}, G_{list}, G_{unit}, G_{des})$ 来描述,其中 G_{name} 为分组名字, G_{list} 为分组中的一组数组主机, G_{unit} 为 Slot 单元 U , G_{des} 为分组描述,通过分组 G 可以知道一个分组能够提供哪些特性及有多少可用虚拟资源,由(1)式可得。

2 虚拟资源预留及调度策略

资源预留策略,能够为用户的复杂应用需求在特定的时间内提供所需的资源,以保证用户对 SLA 和 QoS 的需求。但是由于资源的预留和分配调度是分开的,被预留的资源只有在有用户使用请求时才会被分配使用,如果没有用户使用请求,这些资源既不能被其他用户再次预留,也不能分配给已预留者使用。因此,资源预留会降低资源的利用率,用户预留请求拒绝数也会不断增多^[8-11]。因此本文在研究虚拟资源预留策略的同时,引入了资源借入/借出策略,提高资源利用率及降低请求拒绝数。

2.1 资源预留策略

资源预留的原子操作是,给特定的用户在指定时间内,预留单位个指定的资源。因此每一个资源预留请求可以由一个四元组表示为 $R(C, G, N, T_s, T_e)$,其中 C 表示消费实体(Consumer),用来描

述预留资源的所属关系; G 表示所请求的资源组; N 表示请求资源的总数; T_s 和 T_e 分别表示预留的开始时间和结束时间。

对于每一个资源组,用一个时间表(Time Table),记录该组资源预留情况。每一个成功的资源预留记录,资源管理器都会将其有序地记录到对应的资源组的时间表中。在某一时刻 T_0 ,当有一个新的预留请求 $R_{T_0}(C_R, G_R, N_R, T_s, T_e)$ 时,首先资源管理器会根据指定的资源组取出相应的时间表,并从时间表中将记录有序地插入时间轴,如图 2 所示。

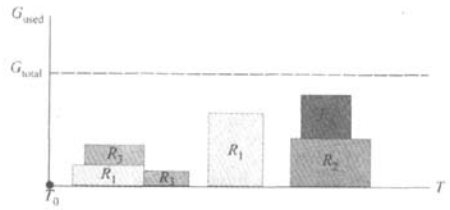


图2 资源预留时间表

接着,将 T_s 和 T_e 插入到时间轴中得到一连串的时间区间 $T\{(T_i, T_d) | T_0 \leq T_i\}$,其中 T_i 为每段区间的开始时间, T_d 为每段区间的时间间隔。如果满足

$$\forall i, G(i)_{used} = \sum R_j(i) \leq G_{total} \quad (3)$$

则判定为资源预留成功, C_R 的可用资源数为 N_R ,更新时间表,否则为失败。其中 $G(i)_{used}$ 表示在第 i 段时间区间内的预留资源总数, $R_j(i)$ 表示预留资源请求 j 在第 i 段区间内的预留数。

2.2 资源预留状态

每一个预留申请会有 8 种不同的状态,状态间的转换过程如图 3 所示。

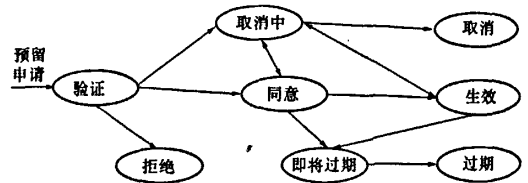


图3 资源预留状态图

(1) 预留申请一提交就进入资源查询验证阶段,如果用户申请满足(3)式,则同意该预留请求,否则拒绝申请;

(2) 在验证过程中,用户如果发现预留申请不

能满足需求,可以取消此次资源预留申请。但如果云端管理员在认为取消不合适,并且剩余资源能够满足用户需求时,此次申请仍然会进入同意状态,否则此次申请被取消;

(3) 当提交的资源预留申请被同意后,用户如果不将其取消,则进入生效状态,所需资源将被预留,否则进入取消状态;

(4) 当提交的资源预留申请被同意,或是在生效状态中,由于用户预留的时间将到达,则此次资源预留将转入即将过期状态;

(5) 当用户发现其预留资源进入即将过期状态时,可以选择重新进行资源预留,或是结束其所有对资源的使用。

(6) 当到达资源预留结束的时间时,进入过期状态,回收预留资源。

2.3 资源预留借入/借出调度策略

为了防止系统中出现频繁的资源预留操作,上文中的消费实体 C ,并不是一个具体的用户,而是一组逻辑上具有层次从属关系的用户组,代表一组具有相同特性的用户,如隶属于同一部门、同一研究小组等。通常规定:只有顶层消费实体才能进行资源预留,其他下层消费实体只是在逻辑上预留上层资源,下层消费实体可以且最多只能预留上层消费实体拥有的资源。一个层次化的消费实体结构如图4所示。

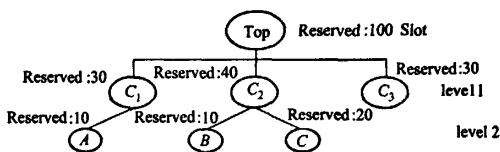


图4 消费实体层次关系

可以用一个四元组 $C(C_p, C_c, C_a, C_u)$ 来表示一个消费实体,其中 C_p 为上层消费实体, C_c 表示下层消费实体, C_a 和 C_u 分别代表本消费实体的管理员和用户。根据规定,令 R_i 表示第 i 层的某个消费实体所预留的资源数, $R_i(j)$ 表示该消费实体下层第 j 个消费实体所预留的资源数, $R_i(\text{free})$ 为该消费实体剩余资源数。则有

$$\forall i, R_i = \sum_j R_i(j) + R_i(\text{free}), \text{ 且 } R_i \leq R_i(\text{up}) \quad (4)$$

通过对消费实体引入借入/借出调度策略,可以解决预留资源利用率降低和预留资源负载的问题。允许消费实体在没有完全利用预留资源的情况下,借出闲置预留资源,给其他同级且属于相同上层消费实体的其他消费实体及上层消费实体和下层消费实体;同时也可以预留资源紧张的情况下,向同级且属于相同上层消费实体的其他消费实体及上层消费实体和下层消费实体,借入闲置资源。如图5所示。

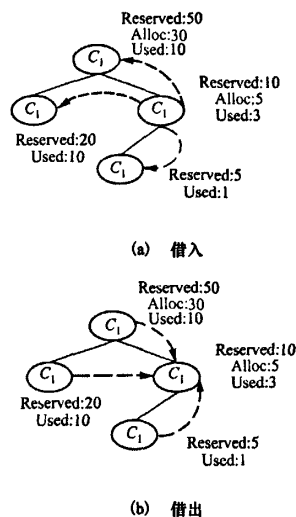


图5 借入/借出关系图

引入借入/借出策略后,消费实体可由一个六元组表示为 $C(C_p, C_c, C_a, C_u, C_i, C_b)$, 其中 C_i 为可借出资源数, C_b 为可借入资源数。令某个消费实体 C_i 的可借出资源数为 $C_i(i)$, 可借入资源数为 $C_b(i)$, 则可用资源数 N_i 可表示为

$$\begin{aligned} \min(N_i) &= R_i - C_i(i) \\ \max(N_i) &= R_i + C_b(i) \end{aligned} \quad (5)$$

3 仿真测试

本文研究的面向云计算的虚拟资源管理策略已成功用于 Platform 公司的云系统平台中,其中云端虚拟资源构建工具能支持 VMware、Xen、Citrix 等虚拟服务器,在本文仿真实验中使用的虚拟服务器为 VMware。实验环境中有 1 台虚拟服务器 egodev03, 所属资源组为 test, 能提供 8G 的 CPU 和 8G 的内存, 令 $U = (1G, 1G)$, 则共有 8 个 Slot。

本文实验侧重点在以下方面:

- (1) 虚拟资源是否能被正确地预留;
- (2) 预留资源的使用率评估。

3.1 资源预留表现

首先创建2个消费实体A和B,分别申请进行资源预留。其中A的预留情况为 $R_1 = \{A, test, 3 \text{ slots}, 2009/05/03, 2009/05/11\}$ 和 $R_2 = \{A, test, 2 \text{ Slots}, 2009/05/15, 2009/05/21\}$;B的预留情况为 $R_3 = \{B, test, 4 \text{ slots}, 2009/05/03, 2009/05/12\}$, $R_4 = \{B, test, 6 \text{ Slots}, 2009/05/08, 2009/05/17\}$ 。

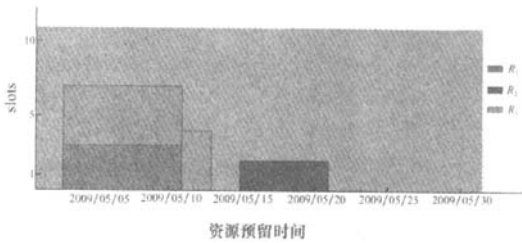


图6 资源预留状态

由图6可见, R_1 、 R_2 、 R_3 能够被成功预留,而 R_4 由于在2009/05/08~2009/05/09期间的资源预留超出虚拟资源组test的Slot总数,从而预留失败。

3.2 预留资源使用情况

在消费实体A下创建2个下层消费实体A-1和A-2,为A-1预留资源2个slot,并令其 C_i 和 C_o

都为1;为A-2预留一个Slot令其 C_i 为1;在消费实体B下创建2个下层消费实体B-1和B-2,为B-1预留3个slot,B-2预留1个slot。此时资源分布数为:

A-1:2 slots,即2G CPU,2G内存,可以借入/借出1个Slot;

A-2:1 Slot,即1G CPU,1G内存,可以借入1个Slot,不能借出;

B-1:3 Slots,即3G CPU,3G内存,不能借入/借出;

B-2:1 Slot,即1G CPU,1G内存,不能借入/借出。

现对A-2和B-2分别申请创建一个1G CPU+1G内存的虚拟机;接着对A-2和B-2申请创建一个2G CPU+2G内存的虚拟机;实验结果如图7所示,A-2和B-2的请求得到响应时,A-2和B-2是满负载的,当再对A-2申请资源时,由于A-1虚拟资源允许借出数可以满足A-2对虚拟资源的需求,因此A-1的空闲资源能够得到有效利用,但是由于A-1只允许借出一个空闲资源,因此在A-2对资源需求较大时,仍有在等待资源;而B-1由于不允许借入/借出,造成了B-2的请求得不到响应,产生在等待资源,必须得将在使用资源释放后才能满足在等待请求,而且使得B-2的空闲资源没有被有效利用。

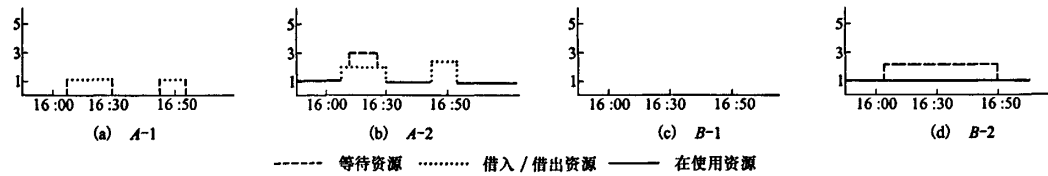


图7 资源使用状态

4 总结

由于对虚拟资源的管理在很大程度上决定了云计算平台所提供的服务质量,因此本文研究的重点是如何管理这些虚拟资源。本文提出一种面向虚拟资源的云计算资源管理机制,通过资源划分策略、资

源预留(Advance Reservation)策略和调度策略来实现对虚拟资源的分配,以确保虚拟资源对用户的有效性,并提出一种借入/借出调度策略来实现虚拟资源利用率的最大化。最后通过实验分析验证本文所提出的资源管理机制的有效性,并且能够解决资源预留带来的资源利用率降低和用户预留请求拒绝数增大的问题。

参考文献:

- [1] Michael Armbrust. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>
- [2] Rajkumar Buyya, Chee Shin Yeo, Srikumar Venugopal. Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities. 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 2008, 5 ~ 13
- [3] Sotomayor B, Montero R, Llorente I, Foster I. Capacity Leasing in Cloud Systems Using the Open-Nebula Engine. Cloud Computing and Applications, 2008
- [4] Amazon Elastic Compute Cloud (EC2). <http://www.amazon.com/ec2>
- [5] Microsoft Azure. <http://www.microsoft.com/azure>
- [6] Google App Engine. <http://appengine.google.com>
- [7] Salesforce. <http://www.salesforce.com/>
- [8] Foster I, Kesselman C, Lee C, et al. A Distributed Resource Management Architecture that Supports Advance Reservation and Co-Allocation. Proceedings of the 7th International Workshop on Quality of Service (IWQoS99). London, UK. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1999, 27 ~ 36
- [9] Qu Changtao. A Grid Advance Reservation Framework for Co-Allocation and Co-Reservation across Heterogeneous Local Resource Management Systems. PPAM 2007, 770 ~ 779
- [10] Xiao Peng, Hu Zhigang, Li Xi, Yang Liu. A Novel Statistic-Based Relaxed Grid Resource Reservation Strategy. The 9th International Conference for Young Computer Scientists, 2008, 703 ~ 707
- [11] Marco A S N, Rajkumar Buyya. Rescheduling Co-Allocation Requests Based on Flexible Advance Reservations and Processor Remapping. Proceedings of the 9th IEEE/ACM International Conference on Grid Computing (IEEE/ACM GRID08), Tsukuba, Japan, 2008

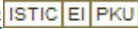
Exploring Virtualized Resource Management Mechanism for Cloud Computing

Yuan Wencheng, Zhu Yi'an, Lu Wei

(Department of Computer Science and Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Cloud computing depends on the management of virtualized resources, so we propose a flexible virtualized resource management mechanism for providing efficient Infrastructure as a Service (IaaS). In sections 1 and 2 of the full paper, we explain our view on how to manage virtualized resources efficiently in order to guarantee the availability of virtualized resources and maximum virtualized resource utilization. Subsection 1.1 defines the virtualized resource; subsection 1.2 divides virtualized resources into groups. Subsection 2.1 discusses the time-based virtualized resource reservation strategy with the help of Figs. 2 and 3; with the help of Fig. 5, subsection 2.3 presents the lend/borrow scheduling policy to enhance the virtualized resource utilization. Section 3 did the simulation tests of our virtualized resource management mechanism. The simulation results, given in Figs. 6 and 7, and their analysis show preliminarily that our virtualized resource management mechanism can guarantee the availability of virtualized resources and enhance the virtualized resource utilization.

Key words: management, cloud computing, Infrastructure as a Service (IaaS), virtualized resource, virtualized resource reservation, virtualized resource scheduling

作者: 袁文成, 朱怡安, 陆伟, Yuan Wencheng, Zhu Yi'an, Lu Wei
作者单位: 西北工业大学, 计算机学院, 陕西, 西安, 710072
刊名: 西北工业大学学报 
英文刊名: JOURNAL OF NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY
年, 卷(期): 2010, 28(5)
被引用次数: 2次

参考文献(11条)

1. Michael Armbrust Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing
2. Rajkumar Buyya; Chee Shin Yeo; Srikumar Venugopal Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities 2008
3. Sotomayor B; Montero R; Llorente I; Foster I Capacity Leasing in Cloud Systems Using the Open-Nebula Engine 2008
4. Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)
5. Microsoft Azure
6. Google App Engine
7. Salesforce
8. Foster I; Kesselman C; Lee C A Distributed Resource Management Architecture that Supports Advance Reservation and Co-Allocation 1999
9. Qu Changtao A Grid Advance Reservation Framework for Co-Allocation and Co-Reservation across Heterogeneous Local Resource Management Systems [外文会议]
10. Xiao Peng; Hu Zhigang; Li Xi; Yang Liu A Novel Statistic-Based Relaxed Grid Resource Reservation Strategy [外文会议] 2008
11. Marco A S N; Rajkumar Buyya Rescheduling Co-Allocation Requests Based on Flexible Advance Reservations and Processor Remapping 2008

本文读者也读过(10条)

1. 郑湃, 崔立真, 王海洋, 徐猛, ZHENG Pai, CUI Li-Zhen, WANG Hai-Yang, XU Meng 云计算环境下面向数据密集型应用的数据布局策略与方法 [期刊论文]-计算机学报 2010, 33(8)
2. 田冠华, 孟丹, 詹剑锋, TIAN Guan-Hua, MENG Dan, ZHAN Jian-Feng 云计算环境下基于失效规则的资源动态提供策略 [期刊论文]-计算机学报 2010, 33(10)
3. 李莉, 廖剑伟, 欧灵, LI Li, LIAO Jian-wei, OU Ling 云计算初探 [期刊论文]-计算机应用研究 2010, 27(12)
4. 冯登国, 张敏, 张妍, 徐震, FENG Deng-Guo, ZHANG Min, ZHANG Yan, XU Zhen 云计算安全研究 [期刊论文]-软件学报 2011, 22(1)
5. 张佩英, Zhang Pei-ying 云计算及其应用探讨 [期刊论文]-制造业自动化 2010, 32(9)
6. 陈康, 郑纬民, CHEN Kang, ZHENG Wei-Min 云计算: 系统实例与研究现状 [期刊论文]-软件学报 2009, 20(5)
7. 钱文静, 邓仲华, Qian Wenjing, Deng Zhonghua 云计算与信息资源共享管理 [期刊论文]-图书与情报 2009(4)
8. 张亚明, 刘海鸥, Zhang Yaming, Liu Haiou 云计算研究综述——基于技术与商业价值双重视角 [期刊论文]-中国科技论坛 2010(8)
9. 李亚琼, 宋莹, 黄永兵, LI Ya-Qiong, SONG Ying, HUANG Yong-Bing 一种面向虚拟化云计算平台的内存优化技术 [期刊论文]-计算机学报 2011, 34(4)

10. 尹国定, 卫红 云计算--实现概念计算的方法[期刊论文]-东南大学学报(自然科学版) 2003, 33 (4)

引证文献(2条)

1. 马强, 付艳茹 论“云计算辅助教学” CCAI及教学资源组织[期刊论文]-齐齐哈尔大学学报: 自然科学版 2011 (5)
2. 黄卫东, 于瑞强 共享学习模式下知识服务云平台的构建研究[期刊论文]-电信科学 2011 (12)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xbgdxxb201005013.aspx