

基于云计算的多源信息服务系统研究综述^①

杨善林^{1 2}, 罗 贺^{1 2}, 丁 帅^{1 2}

(1. 合肥工业大学管理学院, 合肥 230009;

2. 过程优化与智能决策教育部重点实验室, 合肥 230009)

摘要: 在对云计算基本概念、特征、层次、分类等进行分析的基础上, 从管理的视角对基于云计算的多源信息服务系统作了综述. 在云计算环境下多源信息服务过程中, 描述了信息服务各要素以及面向不同领域、不同用户的多源信息服务模式; 总结了信息服务资源的描述方法、发现与匹配机制、资源配置与实时监控方法等信息服务资源管理问题; 归纳了多源信息服务的全生命周期以及服务过程的优化与协调机制; 总结了多源信息服务过程中的可信保障机制; 探讨了云计算环境下多源信息服务系统的体系结构、关键技术. 通过对目前基于云计算的多源信息服务系统研究进行梳理和总结, 并进一步结合不同领域的应用需求, 提出了基于云计算的多源信息服务系统未来的研究方向以及应用前景.

关键词: 云计算; 多源信息服务; 服务模式; 资源管理; 过程优化; 可信保障

中图分类号: C931.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2012)05-0083-14

0 引 言

近年来, 云计算技术得到了迅速的发展, 并且已经在谷歌、亚马逊、微软等国际知名 IT 公司进行了初步的推广和应用, 收到了显著的经济和社会效益, 已越来越受到各国政府、研究机构、信息公司、以及各种商业机构的重视. 与现有的互联网环境、分布式计算环境不同, 云计算技术的核心理念是服务, 它是新型的计算服务模式、是新型的商业服务模式、是新型的服务支撑平台. 云计算作为新型的计算服务模式, 用户通过简单的界面, 可以得到他所需要的计算资源和信息服务. 云计算作为新型的商业服务模式, 用户通过它能够实现“付钱即所得”, 像水电等社会公共资源一样按需获取. 云计算作为新型的服务支撑平台, 能够支持多种行业的新型服务模式,

通过将云计算技术应用在不同领域, 能够产生显著效益.

一方面, 基于虚拟化的数据中心技术、互联网技术和信息终端技术的发展, 为云计算的理论和实践提供了信息技术支撑. 虚拟化技术将数据中心内的海量硬件、软件和网络等各类计算资源进行虚拟化, 使得用户可以按需调用信息服务资源, 而无需关注计算资源的配置、调度与演化方式. 互联网技术为云计算的发展提供了必要的基础平台支撑, 云计算的全部服务均需通过互联网向云端的用户提供; 而信息终端技术则为云端用户便捷、高效地使用云计算环境下的多源信息服务提供了友好的人机交互环境, 用户通过简单的操作即可按需获取所需服务. 另一方面信息管理与信息系统、电子商务和服务科学等科学技术的发展, 为云计算的理论和实践提供了全新的应用

^① 收稿日期: 2011-08-16; 修订日期: 2012-01-23.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71131002; 71071045); 教育部博士点基金资助项目 (200803590007); 中国博士后科学基金资助项目 (20110490831).

作者简介: 杨善林 (1948—), 男, 安徽怀宁人, 教授, 博士生导师. Email: slyang@mail.hf.ah.cn

模式和研究思路。信息支撑技术和新型应用模式不仅激发了新的社会需求，而且促进基于云计算的多源信息服务系统理论进一步快速发展。

云计算作为以服务为对象的技术，按照服务对象的不同通常可以分为3类：软件即服务（software as a service, SaaS）、平台即服务（platform as a service, PaaS）、基础架构即服务（infrastructure as a service, IaaS）。其中：SaaS是最常见的云计算服务，服务供应商负责维护和管理硬件设施，并以免费或按需租用的方式向用户提供服务；PaaS提供给用户基于互联网的应用开发环境，并且支持应用从创建到运行整个生命周期所需的各种软硬件资源和工具；IaaS通过使用虚拟化技术、自动化技术和服务器模板技术，将CPU、内存、存储、操作系统及相关软件以远程计算服务的方式提供给用户。

云计算环境下的多源信息服务系统是提供用户便捷云计算服务的交互工具，是保证云计算环境切实有效运行的可靠载体。它主要研究在感知用户特定云应用需求时，如何通过选择和集成信息资源以提供高效、便捷、可信的云计算服务，并通过服务过程控制与协调支持面向服务演化的云服务过程动态优化。虽然云计算环境下的多源信息服务系统还是个全新的研究领域，但是它在制造、商务、物流、金融、医疗、教育、政府等方面都具有广泛的应用前景。云计算理论和技术、信息服务科学和技术、以及其他相关的管理理论和方法，为云计算环境下的多源信息服务系统研究提供了坚实的理论、技术和方法基础，围绕着云计算环境下多源信息服务系统也已经取得了很多有价值的研究成果。

本文针对云计算环境下的多源信息服务，描述信息服务各要素以及面向不同领域、不同用户的多源信息服务模式；总结信息服务资源的描述方法、发现与匹配机制、资源配置与实时监控方法等问题；归纳多源信息服务的全生命周期以及服务过程的优化与协调机制；总结多源信息服务过程中的可信保障机制；探讨云计算环境下多源信息服务系统的体系结构、关键技术。在此基础上，进一步结合不同领域的应用需求，提出基于云计算的多源信息服务系统未来的研究方向以及

应用前景。

1 云计算环境下多源信息服务模式

多源信息服务是以用户为导向，以服务者为纽带，以服务内容为基础，以服务策略为保障的活动。由于在应用领域、客户群体等方面存在差异，云计算环境下多源信息服务产生了多种不同的模式。

1.1 服务要素

对于多源信息服务来说，云计算环境是完全开放的服务环境，它的体系结构、标准、系统平台、软件服务等都是开放的，并且这些服务并不是集中在一地，而是分布在各地数以万计的不同服务器上^[1]。云计算环境不仅为多源信息服务提供了社会性的技术平台，而且为软件提供商创造了规模化的营销模式，使得用户的服务成本大大降低。多源信息服务模式所要描述的是用户、服务者、服务内容和策略等要素及其相互关系，它们之间的彼此关联和作用构成了多种不同的多源信息服务模式，如图1所示。

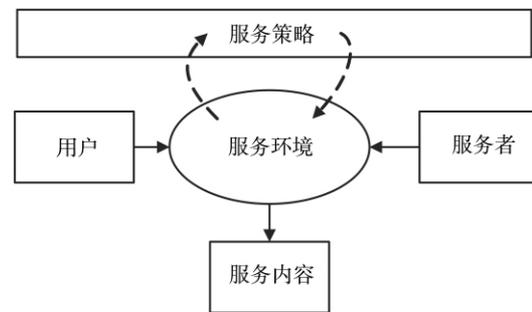


图1 多源信息服务模式中的服务要素

Fig. 1 Elements in the model of the multi sources information service system

1.2 服务模式

传统的多源信息服务模式主要有传递模式、使用模式、问题模式，以及在此基础上的交互-增值模式、平台-自助模式、用户-吸引模式、内容-承包模式等生成模式。Lavoie^[2]研究了产业链环境下信息服务网络的类型与发展模式，对异构的信息资源进行分析与整合，产生能够提供信息集成服务的信息产品群，从而向不同的互联网用户提供基于网络的开放性信息服务体系。此外，有学者还从经济学视角对信息服务模式进行

了研究,指出由于在信息服务的成本和收益中存在的外部性效应,信息服务的市场需求与供给往往呈现出普通商品所没有的特征。

然而,与分布式计算环境不同的是,云计算环境是完全开放的服务环境,现有的多源信息服务模式并不完全适用,仍然需要进一步地对云计算环境下各服务要素的新特征进行分析、抽象与提炼,设计新的适用于云计算环境的多源信息服务模式。

1.2.1 面向领域的多源信息服务模式

不同的云计算应用背景下,多源信息服务通常还具有不同的特征和服务模式。例如,文献[3]研究了云计算环境下的数字图书馆信息服务模式,分析了数字图书馆中的信息服务发布与发现机制。Yang和Deng^[4]则分析了基于云计算的地理信息服务模式,并设计了包含应用程序、可视化、计算、服务、存储等多个逻辑层次的云计算地理信息服务架构。Chen等^[5]研究了云计算环境下教育信息服务的功能需求、成本分析、资源共享、信息安全等问题,提出了云计算环境下面向教育服务的多源信息服务模式。

这些研究工作分别从数字图书馆服务、地理信息服务、教育信息服务等多个不同的应用领域研究了各自的信息服务模式,但还没有提炼出云计算环境下多源信息服务过程中的一般共性问题,还需要不断提高多源信息服务模式的基础性和普适性。

1.2.2 面向用户的多源信息服务模式

面向不同的客户群体,云计算环境下的多源信息服务也呈现出不同的服务模式。例如,Salesforce公司^[6]在其sforce客户/服务整合平台上提供按需服务的客户关系管理,允许客户与独立软件供应商定制并整合其产品,进而建立他们各自所需的应用软件。Google App Engine平台服务^[7]能够让用户在Google的基础架构上运行自身的应用程序,并可根据用户的访问量和数据存储需求实施动态扩展。而Amazon公司允许用户通过Amazon Web Service^[8]程序访问Amazon存储、计算、消息传递和数据集等的计算基础设施,用户只需要为其所使用的资源付费,而不需要提前付费。除上述3类主流的多源信息服务模式之外,Boni-

face等^[9]还提出了一种新型的平台即服务架构,该架构考虑包括服务工程、服务等级协议设计、服务提供与监控等服务全生命周期,通过将信息技术商品化和按需使用的模式,降低软件服务的成本。

多源信息服务模式是云计算环境下信息服务的重要基础,模式设计的优劣直接关系到信息服务的全过程^[10]。目前,云计算环境的特点对多源信息服务模式仍然缺少理论支撑,因此也使得云计算环境下多源信息服务的设计流程与设计方法成为受到广泛关注的问题。

2 云计算环境下多源信息资源管理方法

随着网络应用的普及,云计算环境下的信息资源已经呈现出规模庞大、类型丰富、变化频繁等特征。云计算环境下信息资源的虚拟化管理方式,使得用户可以更专注于信息服务自身的创新与质量保障,并降低资源的获取与维护成本。多源信息资源管理是云计算的核心问题之一,它包括多源信息资源的描述以及资源的动态组织、发现匹配、优化调度和实时监控等活动,其目的是屏蔽底层资源的异构性和复杂性,把分散的各种资源管理起来,以确保资源的合理分配和使用。

2.1 信息服务描述

利用可扩展标记语言(extensible markup language, XML)、资源描述框架(resource description framework, RDF)和本体语言等方法对信息资源进行语义化描述,能够使资源的描述更贴近于用户的自然理解,可以更加准确地反映资源的实际内容,也是实现云计算环境下多源信息资源发现、配置与动态管理的基础。

为了应对云计算环境下信息资源的多源异构、海量动态甚至多模态等特征,Arindam等^[11]提出了运用RDF来语义化描述云计算资源,在Hadoop中实施基于标记的访问控制系统,还制定了相应的资源访问级别和访问控制执行策略。Zhou等^[12]提出了名为RQL的信息资源视图描述

方案,并构建了相应的系统(cloud view)来处理云计算环境中存在的大量的、异构的和动态的资源描述问题,从而使云计算资源的描述和维护更加灵活。

已有的基于 XML、RDF 和本体语言的信息资源描述方法规范了特定云计算环境下服务资源的信息格式,可以有效刻画多源异构信息服务资源的内部与外部特征。然而,这些研究成果多是对传统网络资源、网格计算资源、分布式计算资源形式化描述方法的衍生和扩展,语义描述模型间的可集成性较差,且缺乏对虚拟化信息服务资源的统一描述,有必要结合特定的云计算应用环境,较为系统地研究信息服务资源的语义描述模型及规范化表示方法。

2.2 信息服务资源的发现与匹配

在信息服务资源的发现与匹配方面,虽然资源的发现具有明确的目标,但是往往缺乏显性资源的支撑,因此必须根据不同用户个性化服务定制的需求^[13],通过数据中心内的数据挖掘过程或者跨云平台的数据调用方式,实现对信息服务资源的发现。例如,Sim^[14]提出了基于 agent 的试验平台来支撑云资源的发现和 SLA 协商,通过选择、评价、筛选和推荐等 4 级资源发现过程匹配用户所需的云计算资源。

在云计算环境中,信息资源内容并不是用户关注的惟一焦点,信息服务质量、对特定偏好或期望的满足及可用性等也都是用户追逐的目标。已有的研究工作主要是通过计算客户请求与提供商服务的语义匹配度、使用数据(或经验)及计算期望和偏好等方法来发现合适的信息资源。一些有代表性的研究成果包括:Goscinski 和 Brock^[15]针对云计算服务提供商在资源发布以及云计算用户在资源获取上面面临的困难,提出了新的 Web 服务资源框架(RVWS)来进行云计算资源的发布、发现和提供,为满足更高层次的云计算应用提供了支持;他们还开发了面向云计算应用的集群发现、选择和使用的新技术,使得用户可以更方便地获取云环境中的集群计算资源^[16]。

这些研究对于解决单数据中心内的信息资源挖掘与发现具有重要的作用,但是与网络环境不

同的是,在云计算环境下还必须进一步考虑复杂云计算应用过程中(如联盟云协作或跨平台数据调用)信息资源跨平台的发现问题。

2.3 信息服务资源的配置

由于云计算环境下的信息服务过程常常受到复杂外部环境的影响,使得对多源信息服务资源的配置过程常呈现出不确定性、模糊性、动态性等特征。运用经济学原理和多 agent 技术等相关领域知识建立云计算环境下信息资源配置模型,强调以市场竞争为基础的资源管理和分配,有利于解决信息服务定价、服务分配以及资源共享等实际问题。例如,Chen 和 Yeh^[17]提出了云计算环境下的基于市场模型的服务资源分配与定价机制,通过建立服务供应商与服务请求者间的 agent 协商模型来实现信息服务资源的合理分配。Abramson 等^[18]设计了可以调度具有不同 QoS 约束且分布在全球各地信息资源的管理系统,该系统根据经济调度原则和用户定义的 QoS 需求实现了包括资源发现、资源交易和资源调度在内的多种操作。

2.4 信息服务资源的监控

在多租户共享的云计算环境中,对海量信息服务资源实施全方位监控,是保证信息服务安全性、信息资源高可用性的关键,需要对多源信息服务资源的实施计划、预算、组织、分配、协调和控制等过程进行严格管理。例如,Li 等^[19]采用反馈控制理论,建立了云计算的虚拟化资源适应性管理模型,并设计了可以动态调整多个虚拟化资源的自适应控制器,以此来提高云计算应用服务的水平。Caron 等^[20]提出了利用网格中间件来满足云计算资源需求的方法,并在 EU-CALYPTUS 开源平台上进行了实验验证。Chen 和 Cao^[21]利用 OSGi 来实现云计算环境下客户 agent 的无缝部署和更新功能,能够实时监测和管理云计算资源,对于提升云计算资源的管理性能效果显著。

通过对云计算环境下多源信息服务的实时监控,可以使得信息服务过程更加规范,有效降低服务用户的使用门槛和服务供应商的运营成本。但是依然有待进一步深入探讨云计算环境下大规模信息资源的有效组织和监控等。

3 云计算环境下多源信息服务过程优化

云计算环境采用按需分配的方式为企业或个人用户提供动态可扩展的各类计算资源,有效地减少了资源的闲置和浪费,并成功克服了信息服务过程中企业与客户间的地域限制. 信息服务过程研究是云计算环境下多源信息服务系统研究的重要组成部分,建立关于服务生命周期、服务过程优化及服务质量管理等模型的优劣将直接影响系统运行效果和云服务质量.

3.1 信息服务生命周期

服务生命周期的概念源于软件工程,它描述了一个软件产品从概念设计到实施、交付、使用,以及维护的全过程^[22-23]. 而在云计算环境下,多源信息服务是用户选择和消费的产品实体,其生命周期的内涵和外延发生了质的变化. 因此,对于云计算环境下的服务生命周期管理问题,需要结合其固有的多源化、分布式、多租户共享、动态可扩展等特征展开系统性研究.

例如, Boniface 等^[9]指出,云服务的全生命周期应该包括服务工程、服务水平协议设计、服务提供和服务监测等过程,并提出了面向 PaaS 应用的服务构架 QoS 管理. Kohlborn 等^[24]借鉴 SOA 中的信息服务设计,将云计算环境下的服务生命周期划分为两个不同的层次,有效集成了底层软件服务与顶层商业应用. Wang 和 Xu^[25]建立了服务价值生命周期模型 SVLC,从价值传递的视角讨论了服务生命周期的 7 阶段演变过程: 双边查找、双边协商、单方准备、共同创造、传递、使用和付费.

总体而言,已有关于云计算环境下服务生命周期的研究主要集中在两方面: 一是从多个不同的视角,对云计算环境下服务生命周期的各种影响因素进行研究,分析和凝练出不同类型的信息服务在各运行阶段可能存在的问题,并给出相应的解决方案; 二是结合服务生命周期的概念,对云计算服务从架构设计、服务开发、服务选择、服务使用及服务监管等方面进行全局优化设计和协调控制. 但随着云计算应用的深入,有必要将其拓展

至更为复杂的云计算应用模式中(如云协作).

3.2 信息服务过程建模与优化

在多源信息服务过程的建模与优化方面, Pandey 等^[26]提出了考虑云资源计算成本和数据传输成本的启发式的粒子群优化(PSO)算法,与现有最优资源选择算法相比,该算法可以显著降低计算和传输成本且支持云资源的动态分配. Mukherjee 和 Sahoo^[27]研究了云计算框架下网络服务的模糊蜂群优化算法,通过各人工蜂个体的局部寻优行为及对问题进行优劣的比较,可以实现对云计算框架下不同网络应用服务的访问.

云计算环境下的信息服务过程建模是个十分复杂的过程,现有研究已经考虑了服务需求、服务成本、传输成本等方面的因素^[28-29],但是未能将能耗、服务资源受限、信息资源分布等多种因素都纳入到模型的构建过程中,对于模型的普适性和优化效果具有较大限制.

3.3 信息服务质量

云计算作为新型的商业应用模式,需要设计更为先进、合理的自治管理解决方案. 与功能性需求一样,云服务消费者对于信息服务质量 QoS 也有了新的更高的要求.

根据服务类型的不同,云服务消费者对于 QoS 的关注点也有所区别. Lee 等^[30]讨论了现有评估框架在度量 SaaS 服务质量时存在的局限性,给出了一种新的 SaaS 质量综合评估模型,该模型对 SaaS 应用中的主要质量属性进行了定义扩展,但未能给出相应的量化估算方法,这也限制了其推广应用的普适性. Stantchev^[31]研究了云计算基础设施的运行效率和质量保障问题,提出了考虑具体配置可能性和测量标准选择的综合保障方法. Tao 等^[32]指出云计算环境中的复杂网络环境和可能存在的恶意操作都会导致 QoS 数据信任度差,进而影响云服务调度的质量. 为此,提出了由 QoS 计算模型和 QoS 信任估算方法构成的 QoS 综合管理方法. 此外,还有学者在 QoS 约束下的云计算架构、运行机制、管理框架以及算法设计等方面展开深入的研究,对于进一步制定云服务 QoS 规范和标准具有重要指导意义.

云计算环境下的服务水平协议(SLA)与云服务 QoS 保证关系密切,是对消费者获取持续高质

量云服务的有效承诺. 在制定云计算应用 SLA 时, 云服务交易双方需要事先商定服务范畴、服务水平参数、服务保证以及违约处罚措施等^[33], 其目的是为了对所提供云服务的费用和性能给出明晰的形式化解释, 同时也体现出用户的特殊 QoS 需求. 例如, Alhamad 等^[34] 给出了云计算中 SLA 的设计步骤, 研究了云提供者和云消费者间的协商策略. Ferretti 等^[35] 提出了支持云资源动态配置、管理及云服务优化的 SLA 驱动云中间件架构.

云服务应用是对传统网络服务应用的进一步丰富, 完成一项云计算任务可能牵涉到多个不同的计算实体和服务供应商, 影响云服务质量的因素也变得更加错综复杂. 因此, 研究云计算环境下的信息服务质量问题, 不能仅限于单一的供应商—消费者模式, 还应该考虑跨云平台调用或云协作等复杂应用背景下的信息服务质量保证与动态监管问题.

4 云计算环境下多源信息服务系统的关键技术

云计算环境下的多源信息服务系统是提供用户获得便捷云计算服务的交互工具, 是保证云计算环境切实有效运行的有效载体. 体系结构设计、关键技术研究及应用过程管理是云计算环境下多源信息服务系统研究的重要组成部分, 设计方案的优劣、核心技术的突破以及对信息系统应用过程的全方位有效管理, 都将直接影响到企业或个人用户的实际云服务应用效果.

4.1 云应用系统的实践

云计算环境下的多源信息服务系统以服务器集群和动态扩张的数据中心为基础, 是由互联互通的虚拟计算机集合而成的并行分布式系统, 在体系结构上具有分布式、虚拟化、动态扩展性等特点. 自云计算概念提出以来, 众多具有不同学术背景的研究学者结合各自的应用需求, 以现有的公有云、大规模数据中心、网格为基础, 设计实现了多个云应用系统, 如: 数字电视云^[36]、医疗云^[37]、生物医学联盟云^[38]等.

云计算环境下的信息系统为资源、服务和计算提供了更有效的发现、描述以及监控保证, 而具有特定应用背景的云信息系统, 缺乏对云计算环境下多源信息服务系统的一般性抽象, 具有一定的局限性和特殊性, 不利于集成性研究成果的形成和示范性推广. 为此, 也有学者在通用云计算应用系统研究方面做出了积极尝试. 例如, Minutoli 等^[39] 利用虚拟化技术构建了云计算环境下可扩展的 3 层企业网络架构, 使企业能够更好地运用云计算环境, 创建和管理更多的企业虚拟化环境, 也有利于降低软硬件购置和管理的成本. Kaewpuang 等^[40] 研究了面向服务的云计算环境下信息系统的体系结构, 使用微软的 CCR/DSS 和 CSM (cloud service management) 构成资源服务管理层, 其中 CCR/DSS 负责异步、并发、协调和错误处理, CSM 负责应用层任务分解及分布式集群计算资源的动态管理.

值得注意的是, 在这一领域的尝试性研究工作中, 已有的云应用系统均未能把握资源利用率与系统可用性之间的内在联系, 缺乏研究支持底层结构与上层应用共同设计和协作开发的方法.

4.2 系统移植实现

与传统的计算模式不同, 云计算支持用户将业务逻辑和支撑数据部署到远端的服务器上. 而受限于特定的软件运行环境, 关键应用程序或数据很难被直接迁移到云计算环境中, 或者难以获得足够有效的软硬件支持. 正如 Bigelow^[41] 所指出的那样, 云计算迁移过程中可能存在安全性、可用性 & 数据隐私性等诸多问题, 已有的软件移植技术也难以提供足够的支持. 因此, 云计算环境下多源信息服务系统的移植方法研究是加速云计算应用和保证应用迁移平稳性的关键.

为此, Yunus^[42] 讨论了将企业应用迁移到云计算环境中涉及的移植过程、组件优先级确定及迁移目标选择等问题, 分析了典型的云服务移植过程及移植风险, 介绍了基于云模拟的软件迁移成本和风险建模方法. Khajeh-Hosseini 等^[43] 以石化企业信息系统移植为案例, 介绍了从本地数据中心至 Amazon EC2 云计算环境的迁移过程和方法, 并从潜在用户的视角分析了云计算移植的风险与机遇.

此外,在多源信息服务系统的移植过程中,通过对现有系统进行逆向工程分析,找到有价值的业务逻辑,进而再工程为新的云计算服务也是有效的移植方法。Chung等^[44]提出了面向服务的软件再工程方法,该方法是以架构为中心、面向服务和模型驱动的综合实现,能够将遗留信息系统紧凑地移植到面向服务的信息系统中。

普适性的移植规范、移植流程设计等软件技术是云计算环境下多源信息服务系统研究的一个难点,目前在这一领域的研究,主要是基于某种具体的技术性因素,但尚未形成从主流云计算环境下应用系统实现技术到桌面系统开发技术的逻辑映射,缺乏对数据安全性、隐私性的充分考虑,也就很难支持企业将不同类型的系统迁移至云计算环境中。

4.3 系统动态管理

在云计算环境下的多源信息服务系统中,对云服务资源进行合理定价是保证云计算应用持续稳定运行的关键因素之一。对此,已经有学者对云计算环境下服务资源的动态定价策略展开较为深入的研究。例如,Dikaiakos等^[45]指出,在满足云服务供应商SLA的背景下,考虑成本最小化的价格标定非常困难,研究建立了平衡成本、性能和可靠性的云服务定价模型。Teng和Magoules^[46]针对全球性分布式云计算环境中资源分解和调度问题,提出了云服务资源定价和分配策略,可以帮助用户预测在预算和终止期约束条件下的云服务价格。

为了给用户提供可靠、弹性、类型丰富且相对廉价的云服务,云计算环境下的多源信息服务系统不仅需要提供计费定价,还需要进一步提供安全审计、服务发现、自动协商和过程监控等多方面的服务支持。例如,Brandic^[47]提出了自管理的云服务系统,该系统在遭遇云服务失效、环境变化等问题时,可以遵循预定方案自动执行。Goscinski和Brock^[48]使用Web服务框架RVWS建立云服务的高等级抽象,并给出了基于动态属性的云服务发布、发现和选择方法。

可见,在云计算环境下多源信息服务系统的运营管理过程中,已经对服务管理、资源定价、自动协商等问题进行了初步的探讨,而对云计算环

境下的个性化服务推荐、安全审计和动态监管等方面的问题还有待进一步的深入研究。

5 云计算环境下多源信息服务系统的可信保障机制

云计算有效地将庞大的计算资源进行多层次的虚拟化和抽象,并支持用户以网络服务的方式按需动态地调用、配置和释放计算资源,从而使用户可以更加专注于业务逻辑和实现的系统功能。相对于传统的计算平台,云计算将原来运行于桌面或单个组织内的应用与服务整合到一个庞大且开放的计算环境中,这就给云计算环境下多源信息服务系统在安全性、容错性、可用性、可扩展性等多个可信属性上提出了新的更高的要求。可信性问题^[49-50]已经成为云计算环境下多源信息服务系统中的突出问题。

5.1 可信机理分析

由于云计算环境的开放性和动态性,使得云计算环境下的多源信息服务系统呈现出不确定性和随机性等非线性系统特征,也就进一步导致云计算环境下多源信息服务系统的可信机理分析容易出现局部混沌现象。因此,为了保障软件系统及信息服务的全面可信,需要针对不同系统的可信性需求差异,发现其中涉众的多源信息服务系统可信性的实现规律。

Khan和Malluhi^[51]较早关注了云计算环境中信息服务的可信性问题,他们指出云服务供应商应该通过改进可信保障技术来提升客户的信任度,以确保用户可以放心地将敏感数据放到远端甚至国外的服务器上进行处理。Mahbub等^[52]认为云服务质量和可信性问题是影响云计算普及应用的最大障碍,并将可信性和声誉的概念集成到云计算中,给出了较为具体的定义和可信性参数。

云计算的应用安全性直接关系到用户的云计算部署意图,是用户最为关注的一个可信属性^[53-54]。Hwang等^[55]从客户的角度分析了公有云的安全性问题,提出了考虑信任管理的集成云服务系统架构。Zissis和Lekkes^[56]通过标识特定的安全性需求以评估云计算环境下信息系统的安

全性,并设计了可信第3方以保障云服务关联数据和通信的可认证、完整性和保密性。此外,Subashini和Kavitha^[57]、Paquette等^[58]、冯登国等^[59]也对云计算环境下多源信息服务系统的安全性问题进行了系统研究。

可信机理分析是开展云计算环境下多源信息服务系统可信保障研究的理论基础。在这一研究领域,已有的研究工作对云应用系统或信息服务的可信需求进行了初步的探索。而复杂的云计算应用环境使得信息服务系统的可信内涵已经完全突破了现有的可信性理论,对其可信机理的分析应该考虑设计一个多层次综合性的可信性定义,用以阐明云计算环境下多源信息服务系统的内在可信机理。

5.2 可信综合评估

云计算环境下多源信息服务系统的可信性评估是实施可信性过程控制和开展可信性管理的理论基础。Alhamad等^[60]提出了基于SLA准则和客户经验的可信性评估模型,用于支持多种云应用模式下云消费者的计算资源选择。Ma等^[61]针对云计算环境固有的动态演化特征,提出了直接可信度、间接可信度、可信权重和可信衰减的概念,并在此基础上定义了综合的可信性评估模型。Tian等^[62]指出云计算环境中用户的可信性是影响多源信息服务系统可信行为的重要因素,为此他建立了包含可信层、子可信层和行为证据层的云计算环境中用户行为可信性评估指标系统。

作为具有动态、混合可信性评估需求的信息系统软件,云计算环境下的多源信息服务系统,其可信性动态评估问题依然可以应用传统的可信软件评估方法。在这一领域,杨善林等^[63-64]已经系统地研究了基于多维可信属性的软件可信性评估方法,分析了复杂系统软件的可信性评估需求,设计了需求驱动的可信指标树动态构造模型,并建立了基于效用和证据理论的软件可信性评估推理模型。

随着云计算应用的深入,多源信息服务系统的可信需求多样性、可信属性多维性和信息服务动态演化性等特征,都将给云计算环境下多源信息服务系统的可信动态评估研究提出更高的目标。

5.3 可信综合保障

传统的信息系统理论仅从静态的角度认识系统部署后的变化,对于信息系统保障与维护往往

是事后的被动响应。而云计算环境下多源信息服务系统具有动态、自演化等特征,需要从事后维护向事前设计、主动监控变化,形成对信息服务系统动态演化中的可信性相应控制方法。

Svantesson和Clarke^[65]从云计算应用过程中的客户隐私性和消费者风险分析入手,提出了云计算领域在可信保障方面的缺失,建议各国政府和研究人员应该积极构建更为完善的隐私保护法律和消费者保障机制。Jensen等^[66]运用数据匿名方法解决了云供应商滥用用户数据的问题,并给出了云计算环境下基于环和群签名的匿名可靠接入控制和问责方法。Li等^[67]为了构造具有安全性保障的云计算环境下实体间信任关系,给出云应用过程中基于域的可信性模型,并建立了基于可信管理模块的云安全性监管框架。

将可信计算理论拓展到云计算应用研究领域,构建具有可信根和完整可信链的可信云计算平台,对于提升多源信息服务系统的可信性也具有实际意义。Snatos等^[68]针对当前云服务应用中客户数据和商业计算的保密性和完整性难验证问题,建立了面向IaaS应用的可信云计算平台TC-CP,使得IaaS供应商可在此基础上构建封闭的云应用环境,确保客户虚拟机执行的保密性和可信性。Shen等^[69]将可信计算平台集成到云计算环境中,设计实现了基于可信平台支持服务(TSS)的可信云计算系统。

从上述研究工作可以看到,目前云计算环境下信息系统的可信保障研究已经取得了许多有代表性的成果,提出了多个具有实际应用价值的云服务及其演化的可信保障框架或平台。然而,云计算环境下多源信息服务系统的可信机理尚不明确,体系结构与实现技术尚不成熟,且往往缺乏足够的实际案例验证,也就使得已有的研究工作缺乏系统性和普适性,有待进一步的深入。

6 面临的挑战和研究方向

随着互联网技术,特别是云计算技术的深入发展,多源信息服务面临着前所未有的发展机遇和严峻挑战。云计算环境不仅为服务全生命周期的管理提供了强大的支持,而且为利用多种服务

资源进行复杂问题的决策与优化提供了重要的支持和保障. 在云计算商业服务的应用过程中, Google、Amazon、Microsoft、IBM、中国移动、华为等公司都先后建立了各自的云计算商业服务平台, 力图在云计算的商业服务领域占据有力的市场地位.

针对有关云计算环境下多源信息服务系统的研究现状, 结合目前云计算和信息服务的发展趋势, 展望了云计算环境下多源信息服务系统未来所面临的挑战和可能的研究方向.

6.1 云计算环境下商业模式创新与评价方法

云计算为制造、商务、物流、金融、医疗和教育等传统商业应用提供了新的服务、运作和盈利模式, 对商业交易多方的交互行为、表现形式、相互作用等方面均产生了较大的影响, 使得商业应用呈现出许多新特征和新模式, 进而催生出多种新业态.

不同于传统网络环境下的商业模式, 云计算不仅为各类商业应用提供了普适的技术支撑体系和规范化的营销模式, 为供应商创造了开放、动态、可扩展、即插即用的商业资源共享与运营服务平台, 同时也为客户提供了更为便捷、高效、安全的商业交易环境.

因此, 通过分析研究云计算环境下的典型商务模式, 分析云计算环境下商务应用的影响因素, 研究云计算环境下商务应用的服务、运作和盈利模式的创新与评价, 对于促进云计算技术的普及应用、加速相关行业的技术变革具有重要意义.

6.2 多源信息资源的跨域、跨平台动态选择策略

云计算环境不仅为用户提供规模庞大且动态更新的各类信息服务资源, 同时还提供跨云计算平台的资源池连接以满足用户的特定信息资源需求.

在云计算环境下, 信息服务资源的多源性、动态性、不确定性和异构性等特征, 以及面向云计算应用的用户需求多样性和随机性等问题, 都将给云计算环境下的多源信息资源选择与管理提出新的更高的要求.

因此, 在云计算应用背景下, 研究跨域、跨平台的多源信息资源描述、发现、匹配、集成和推荐方法以及动态管理机制, 是实现云计算环境下多源信息服务资源有效管理的重要途径之一.

6.3 多源信息服务过程的多目标优化与控制方法

作为新型的服务环境, 云计算需要同时为多

个用户提供优质、高效且互不干扰的信息服务. 云计算环境能够为用户提供资源按需分配的能力, 但也对服务过程的优化提出了更高的要求.

云计算环境下的多源信息服务过程研究不仅需要考虑到用户的个性化服务需求, 还需密切关注在复杂云计算应用过程中的服务过程优化与控制问题.

因此, 针对云计算环境下多源信息服务全生命周期, 研究云计算环境下考虑云服务效率、成本和质量等多个因素的服务过程多目标优化与控制方法, 可以有效提升多租户共享环境下多源信息资源的服务品质.

6.4 高效容错的系统体系结构设计方法

在云计算环境下, 信息和资源的有效利用及考虑节点失效的容错机制设计等, 在多源信息服务系统的体系结构研究过程中仍然是必须要解决的难题. 而对一些用户依存度较高且短期内无法替代的复杂商业应用而言, 则需要将已有的信息系统集成或扩展到云计算环境下, 因此, 研究具有普适性和高效容错特征的多源信息服务系统的体系结构设计方法是非常值得研究的问题.

6.5 多层次综合可信保障方法

和分布式信息系统不同, 云计算环境下多源信息服务系统的可信依赖于用户行为、系统实体及云支撑环境的全面可信, 且往往包含了维数更高、内部关联更复杂的可信属性集, 也就进一步造成安全性、可靠性、可用性等多个可信属性具有新的内涵和保障需求.

因此, 结合实际应用背景, 深入探索云计算环境下多源信息服务系统的可信机理, 研究系统的多层次综合可信保障方法, 可以从根本上保证云服务全生命周期内用户、云计算供应商、服务供应商之间的多方信任, 增强云计算应用的公信力.

6.6 应用前景

云计算是信息科学领域中具有革命性意义的前沿技术, 基于虚拟化的数据中心技术、互联网技术和智能终端技术的发展在激发新社会需求的同时, 也促进了基于云计算的信息系统理论研究的快速发展.

因此, 云计算环境下多源信息服务系统在制造、商务、物流、金融、医疗、教育、政府等多个领域

具有广阔的应用前景,由此产生的云制造(基于云计算的制造服务系统)、云商务(基于云计算的商务服务系统)、云物流(基于云计算的物流服务体系)、云金融(基于云计算的金融服务系统)、云医疗(基于云计算的医疗卫生服务系统)、云教育(基于云计算的教育服务系统)和云政府(基于云计算的政府服务系统)等,必将成为各相关领域的研究热点。

7 结束语

对经济社会发展具有重大影响战略性新兴产业必然对世界经济的发展和国际竞争的格局产生极其深刻的影响。改革开放、国际合作、协同创新是发展中国家加快发展的重大战略,坚持这种发展战略,能够充分发挥发展中国家的后发优势,尽快缩短与发达国家的距离,但是抢占核心技术

的制高点才是可能的超越之道。

与云计算有关的核心技术已经掌握在美国 Apple、Google、Microsoft、IBM、Intel 等一批企业巨头手里,他们掌握着未来信息服务技术发展的主动权,但应该指出的是,在战略性新兴技术与经济社会互动发展的过程中,同时也孕育着更新一代的战略性技术。因此,在云计算及其应用技术迅速发展的今天,应该洞察信息服务系统技术的发展趋势,展望后云计算时代的信息服务模式。

为此,必须在深入研究信息网络技术与信息服务系统互动发展规律的基础上,充分估量云计算环境下的信息服务系统的未来发展空间,探索研究信息服务系统发展的新需求和信息网络技术的新突破,构思后云计算时代的各类应用服务的新模式,为我国在未来新的信息技术革命到来时,能够抢占发展的有利先机,做出应有的贡献。

参 考 文 献:

- [1] Vouk M A. Cloud computing-issues, research and implementations[C]// Proceedings of ITI 30 International Conference on Information Technology Interface, Dubrovnik: IEEE, 2008: 31-40.
- [2] Lavoie B F. Study on the style and the developing model of current information service network[J]. Journal of Information Science, 2008, 32(4): 42-46.
- [3] Teregowda P, Uргаonka B, Giles C L. Cloud computing: A digital libraries perspective[C]// Proceedings of 2010 third International Conference on Cloud Computing, Miami, FL: IEEE, 2010: 115-122.
- [4] Yang Xiaoqiang, Deng Yuejin. Exploration of cloud computing technologies for geographic information services[C]// 18th International Conference on Geoinformatics, Beijing: IEEE, 2010: 1-5.
- [5] Chen Jiejing, Huang Jingjing, Liu Xiaoxiao, et al. On the application of educational information resource in Jiangxi province based on cloud computing[C]// Proceedings of 2010 9th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Service, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2010: 145-149.
- [6] Salesforce[EB/OL]. <http://www.salesforce.com>
- [7] Google APP Platform[EB/OL]. <http://code.google.com>
- [8] Amazon Web Service[EB/OL]. <http://aws.amazon.com>
- [9] Boniface M, Nasser B, Papay J, et al. Platform-as-a-service architecture for real-time quality of service management in clouds[C]// Proceedings of the 2010 Fifth International Conference on Internet and Web Applications and Services, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2010: 155-160.
- [10] 徐迪, 李焯. 商务模式创新复杂性研究的计算实验方法[J]. 管理科学学报, 2010, 13(11): 12-19.
Xu Di, Li Xuan. Computational experiments for study of complexity of business model innovation[J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(11): 12-19. (in Chinese)
- [11] Khaled A, Husain M F, Khan L, et al. A token-based access control system for RDF data in the clouds[C]// IEEE Second International Conference on Cloud Computing Technology and Science, Indianapolis: IEEE, 2010: 104-111.
- [12] Zhou Dehui, Zhong Liang, Wo Tianyu, et al. Cloud View: Describe and maintain resource view in cloud[C]// IEEE Second International Conference on Cloud Computing Technology and Science, Indianapolis: IEEE, 2010, 151-158.

- [13] 经有国, 但斌, 张旭梅等. MC 半结构化客户需求信息表达与处理方法[J]. 管理科学学报, 2010, 14(1): 78–85.
Jing Youguo, Dan Bin, Zhang Xumei, et al. Expressing and processing approach for semi-structured customer needs under mass customization[J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 14(1): 78–85. (in Chinese)
- [14] Sim K M. Agent-based cloud commerce [C]//IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Hong Kong: IEEE, 2009: 717–721.
- [15] Goscinski A, Brock M. Toward dynamic and attribute based publication, discovery and selection for cloud computing[J]. Future Generation Computer Systems, 2010, 26(7): 947–970.
- [16] Brock M, Goscinski A. Toward ease of discovery, selection and use of clusters within a cloud [C]// Cloud Computing, IEEE 3rd International Conference on Digital Object Identifier, Miami, FL: IEEE, 2010: 289–296.
- [17] Chen Y M, Yeh H M. Autonomous adaptive agents for market-based resource allocation of cloud computing [C]// Proceeding of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Qingdao: IEEE, 2010: 2760–2764.
- [18] Abramson D, Buyya R, Giddy J. A computational economy for grid computing and its implementation in the Nimrod-G resource broker[J]. Future Generation Computer Systems, 2002, 18(8): 1061–1074.
- [19] Li Qiang, Hao Qinfen, Xiao Limin, et al. Adaptive management of virtualized resources in cloud computing using feedback control [C]// 1st International Conference on Information Science and Engineering, Nanjing: IEEE, 2009: 99–102.
- [20] Caron E, Desprez F, Loureiro D, et al. Cloud computing resource management through a grid middleware: A case study with DIET and eucalyptus [C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Cloud Computing, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 151–154.
- [21] Chen Hang, Cao Can. Research and application of distributed OSGi for cloud computing [C]// International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, Wuhan: IEEE, 2010: 1–5.
- [22] Pressman R S. Software Engineering: A Practitioner's Approach [M]. 5th ed. Boston: McGraw-Hill, 2001.
- [23] Pfleeger S L, Atlee J M. Software Engineering: Theory and Practice [M]. 3rd ed, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006.
- [24] Kohlborn T, Korthaus A, Rosemann M. Business and software service lifecycle management [C]// Proceeding 13th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, Auckland: IEEE, 2009: 87–96.
- [25] Wang Zhongjie, Xu Xiaofei. SVLC: Service value life cycle model. cloud computing [C]// IEEE International Conference on Cloud Computing, Bangalore: IEEE, 2009: 159–166.
- [26] Pandey S, Wu Linlin, Guru S M, et al. A particle swarm optimization-based heuristic for scheduling workflow applications in cloud computing environments [C]// Proceedings of the 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2010: 400–407.
- [27] Mukherjee K, Sahoo G. Mathematical model of cloud computing framework using fuzzy bee colony optimization technique [C]// Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 664–668.
- [28] 周伟华, 吴晓波, 杜健. 服务多类需求串行供应链的最优控制策略[J]. 管理科学学报, 2010, 13(3): 19–28.
Zhou Weihua, Wu Xiaobo, Du Jian. Optimal control of a series system with stochastic leadtime and multiple demand classes [J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(3): 19–28. (in Chinese)
- [29] 张紫琼, 叶强, 李一军. 互联网商品评论情感分析研究综述[J]. 管理科学学报, 2010, 13(6): 84–96.
Zhang Ziqiong, Ye Qiang, Li Yijun. Literature review on sentiment analysis of online product reviews [J]. Journal of Management Sciences in China, 2010, 13(6): 84–96. (in Chinese)
- [30] Lee J Y, Lee J W, Cheun D W, et al. A quality model for evaluating software-as-a-service in cloud computing [C]// Proceedings of 7th ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 261–266.
- [31] Stantchev V. Performance evaluation of cloud computing offerings [C]// Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences, Sliema: IEEE, 2009: 187–192.
- [32] Tao Qian, Chang Huiyou, Yi Yang, et al. A trustworthy management approach for cloud services QoS data [C]// Proceedings of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Qingdao: IEEE, 2010: 1626–1631.

- [33] TMF GB917-2 V2.5. SLA management handbook volume 2: Concepts and Principles[S]. Morristown: TM Forum ,2005.
- [34] Alhamad M , Dillon T , Chang E. Conceptual SLA framework for cloud computing[C]//8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics , Dubai: IEEE ,2010: 606 – 610.
- [35] Ferretti S , Ghini V , Panzieri F , et al. QoS-aware cloud[C]//IEEE 3rd International Conference on Digital Object Identifier , Miami: IEEE ,2010: 321 – 328.
- [36] Lee Seungwan , Lee Daeho , Lee Sungwon. Personalized DTV program recommendation system under a cloud computing environment[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics , [S. L.]: 2010 ,56(2) : 1034 – 1042.
- [37] Rolim C O , Koch F L , Westphall C B. A cloud computing solution for patient's data collection in health care institutions [C]//In Proceeding of Second International Conference on eHealth , Telemedicine , and Social Medicine , St Maarten: IEEE ,2010: 95 – 99.
- [38] Rosenthal A , Mork P , Li M H , et al. Cloud computing: A new business paradigm for biomedical information sharing[J]. Journal of Biomedical Informatics ,2010 ,43(2) : 342 – 353.
- [39] Minutoli G , Fazio M , Paone M , et al. Virtual business networks with cloud computing and virtual machines[C]//In Proceeding of International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops. St Petersburg: IEEE ,2009: 1 – 6.
- [40] Kaewpuang R , Uthayopas P , Srimool G , et al. Building a service oriented cloud computing infrastructure using microsoft CCR/DSS system[C]//In Proceeding of Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology , Seoul: IEEE ,2009: 812 – 817.
- [41] Bigelow S J. The pros and cons of cloud computing migration[EB/OL]. <http://searchdatacenter.techtarget.com/tip/The-pros-and-cons-of-cloud-computing-migration>.
- [42] Yunus M. Understanding enterprise-to-cloud migration costs and risks[EB/OL]. http://www.ebizq.net/topics/cloud_computing/features/12741.html
- [43] Khajeh-Hosseini A , Greenwood D , Sommerville I. Cloud migration: A case study of migrating an enterprise IT systems to IaaS[C]//IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing , Miami: IEEE ,2010: 450 – 457.
- [44] Chung S , An J B C , Davalos S. Service-oriented software reengineering: SoSR[C]// In Proceeding of the 40th Hawaii International Conference on System Science , Hawaii: IEEE ,2007: 172 – 181.
- [45] Dikaiakos M D , Katsaros D , Mehra P , et al. Cloud computing: Distributed internet computing for IT and scientific research [J]. IEEE Internet Computing ,2009 ,13(5) : 10 – 13.
- [46] Teng F , Magoules F. Resource pricing and equilibrium allocation policy in cloud computing[C]//In IEEE 10th International Conference on Computer and Information Technology , Bradford: IEEE ,2010: 195 – 202.
- [47] Brandic I. Towards self-manageable cloud services[C]//33rd Annual IEEE International Computer Software and Application Conference , Seattle: IEEE ,2009: 128 – 133.
- [48] Goscinski A , Brock M. Toward dynamic and attribute based publication , discovery and selection for cloud computing[J]. Future Generation Computer Systems ,2010 ,26(7) ,947 – 970.
- [49] Andrzejak A , Kondo D , Yi S. Decision model for cloud computing under SLA constraints[C]//In IEEE International Symposium on Modeling , Analysis & Simulation of Computer and Telecommunication Systems , Miami: IEEE ,2010: 257 – 266.
- [50] Everett C. Cloud computing—A question of trust[J]. Computer Fraud & Security ,2009 ,2009(6) : 5 – 7.
- [51] Khan K M , Malluhi Q. Establishing trust in cloud computing[J]. IT Professional ,2010 ,12(5) : 20 – 27.
- [52] Mahbub H S , Sebastian R , Max M. Cloud computing landscape and research challenges regarding trust and reputation [C]//7th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC) , Xi'an: IEEE ,2010: 410 – 415.
- [53] Kaufman L M. Data security in the world of cloud computing[J]. IEEE Security & Privacy ,2009 ,7(4) : 61 – 64.
- [54] Jensen M , Schwenk J , Gruschka N , et al. On technical security issues in cloud computing[C]//In IEEE International Conference on Cloud Computing , Bangalore: IEEE ,2009: 109 – 116.
- [55] Kai Hwang , Sameer Kulkarni , Yue Hu. Cloud security with virtualized defense and reputation-based trust management [C]//Eighth IEEE International Conference on Dependable , Autonomic and Secure Computing , Chengdu: IEEE ,2009:

- 717 – 722.
- [56] Zissis D , Lekkas D. Addressing cloud computing security issues [J]. *Future Generation Computer Systems* ,2011 ,28(3) : 583 – 592.
- [57] Subashini S , Kavitha V. A survey on security issues in service delivery models of cloud computing [J]. *Journal of Network and Computer Applications* ,2011 ,34(1) : 1 – 11.
- [58] Paquette S , Jaeger P T , Wilson S C. Identifying the security risks associated with governmental use of cloud computing [J]. *Government Information Quarterly* ,2010 ,27(3) : 245 – 253.
- [59] 冯登国, 张敏, 张妍, 等. 云计算安全研究 [J]. *软件学报* ,2011 ,22(1) : 71 – 83.
Feng Dengguo , Zhang Min , Zhang Yan , et al. Study on cloud computing security [J]. *Journal of Software* ,2011 ,22(1) : 71 – 83. (in Chinese)
- [60] Alhamad M , Dillon T , Chang E. SLA-based trust model for cloud computing [C]//13th International Conference on Network-based Information Systems , Takayama: IEEE ,2010: 321 – 324.
- [61] Ma Li , Zhang Yongmei , Ma Lan. A synthesize trust degree evaluation method in distributed system [C]// 8th World Congress on Intelligent Control and Automation , Jinan: IEEE ,2010: 5186 – 5190.
- [62] Tian Liqin , Lin Chuang , Ni Yang. Evaluation of user behavior trust in cloud computing [C]//International Conference on Computer Application and System Modeling , Taiyuan of China: IEEE ,2010: 567 – 572.
- [63] 杨善林, 丁帅, 褚伟. 一种基于效用和证据理论的可信软件评估方法 [J]. *计算机研究与发展* ,2009 ,46(7) : 1152 – 1159.
Yang Shanlin , Ding Shuai , Chu Wei. Trustworthy software evaluation using utility based evidence theory [J]. *Journal of Computer Research and Development* ,2009 ,46(7) : 1152 – 1159. (in Chinese)
- [64] 杨善林, 丁帅, 付超. 考虑信息源相关的软件可信性评估模型 [J]. *中国管理科学* ,2009 ,17(6) : 163 – 169.
Yang Shanlin , Ding Shuai , Fu Chao. A software trustworthiness evaluation model considering correlation of information sources [J]. *Chinese Journal of Management Science* ,2009 ,17(6) : 163 – 169. (in Chinese)
- [65] Svantesson D , Clarke R. Privacy and consumer risks in cloud computing [J]. *Computer Law & Security Review* ,2010 ,26(4) : 391 – 397.
- [66] Jensen M , Schage S , Schwenk J. Towards an anonymous access control and accountability scheme for cloud computing [C]//In IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing , Miami: IEEE ,2010: 540 – 541.
- [67] Li Wenjuan , Ping Lingdi , Pan Xuezheng. Use trust management module to achieve effective security mechanisms in cloud environment [C]// International Conference on Electronics and Information Engineering , Kyoto: IEEE ,2010: 14 – 19.
- [68] Snatos N , Gummadu K P , Rodrigues R. Towards trusted cloud computing [C]// The 2009 Conference on Hot Topics in Cloud Computing , Berkeley: USENIX Association ,2009: 11 – 15.
- [69] Shen Zhidong , Li Li , Yan Fei , et al. Cloud computing system based on trusted computing platform [C]// International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation , Changsha: IEEE ,2010: 942 – 945.

Survey on multi-sources information service system based on cloud computing

YANG Shan-lin^{1 2} , LUO He^{1 2} , DING Shuai^{1 2}

1. School of Management , Hefei University of Technology , Hefei 230009 , China;
2. Key Laboratory of Process Optimization and Intelligent Decision-making , Ministry of Education , Hefei 230009 , China

Abstract: A survey on multi-sources information service system based on cloud computing is proposed according to the basic idea , characteristic , architecture of cloud computing from the viewpoint of management. During the process of multi sources information service in cloud , the service pattern is described from the view-

point of service elements , objects , and application areas. The service resource management problems are also summarized , such as service description , service matching and discovery , service allocation , and service control. Furthermore , the lifetime of multi-sources information service , optimization and coordination for service process , guarantee of trustworthiness , and the architecture and key technologies are concluded later on. At last , according to the previous work and the current requirement from different areas , future research direction and application perspectives are suggested.

Key words: cloud computing; multi sources information service; service mode; resource management; process optimization; trust support

(上接第9页)

2) $c = 1 \Rightarrow \beta \geq 0, \lambda = 0$ 时可得, 当

$$\varepsilon \geq \frac{4\rho}{3}, c = 1, d = 0$$

局部最优值为

$$k(2) = \frac{4}{9}(1 - u - \rho)^2$$

3) $0 < c < 1 \Rightarrow \beta = 0, \lambda = 0$ 时可得, 当

$$\frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)} \leq \varepsilon \leq \frac{4\rho}{3},$$

$$c = \frac{4(1 - u) - 3\varepsilon(1 - u + \rho)}{2\rho(2\rho - 3\varepsilon)}, d = 0$$

局部最优值为

$$k(3) = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon^2(1 - u - \rho)^2}{\rho(3\varepsilon - 2\rho)}$$

当 $d > 0$ 时, 广义 Lagrange 函数为

$$L' = \frac{4}{9}[1 - u - (\rho - d)c]^2 - \frac{2}{3}\varepsilon(1 - c) \times [1 - u - (\rho - d)c] - \frac{2}{3}dc[1 - u - (\rho - d)c] + \lambda c + \beta(1 - c)$$

同理可得

4) $c = 0, d > 0$ 时该情况为退化解;

5) $c = 1, d > 0 \Rightarrow \beta \geq 0, \lambda = 0$ 时可得, 当

$$\varepsilon \geq \rho, c = 1, d = \frac{1 - u - \rho}{2}$$

局部最优值为

$$k(4) = \frac{1}{2}(1 - u - \rho)^2$$

6) c 为内点, $d > 0 \Rightarrow \beta = 0, \lambda = 0$ 时可得 $c =$

$$\frac{-1 + u + \varepsilon}{\varepsilon - \rho}, d = \frac{\varepsilon(-1 + u + \rho)}{-1 + u + \varepsilon}$$

但从全体福利函数 k 的 Hessian 矩阵看 $|H| = \frac{4}{9}(1 - u - \varepsilon)^2 > 0$, 不是极大值点.

极值比较:

很明显 $k(4) > k(2)$, 因此局部极大值点可能在 $k(1), k(3), k(4)$ 中. 为了比较 3 者的大小, 必须对讨论 ρ 和 $\frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)}$.

$$1) \rho \leq \frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)} \Rightarrow \rho \leq \frac{1 - u}{3}$$

$$\left. \begin{aligned} k(4) \geq k(3) &\Rightarrow \frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)} \leq \varepsilon \\ k(4) \geq k(1) &\Rightarrow \rho \leq \varepsilon \leq \frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow k(4)$$

为全局最大值, 且 $\rho \leq \varepsilon$; 当 $\rho > \varepsilon$ 时, 则 $k(4) < k(1)$, $k(3)$ 不存在, 所以 $k(1)$ 为全局最大值.

$$2) \rho > \frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)} \Rightarrow \rho > \frac{1 - u}{3}$$

$k(4) \geq k(3) \Rightarrow \rho \leq \varepsilon$, 且 $k(1)$ 不存在 $\Rightarrow k(4)$ 为全局最大值, 且 $\rho \leq \varepsilon$; 当 $\frac{4}{3} \frac{(1 - u)\rho}{(1 - u + \rho)} \leq \rho < \varepsilon$ 时, 很明显 $k(3)$ 为全局最大值.

综上所述, 可得命题 6.

证毕.