

Internet 环境下基于语义的服务组合研究

陈 福^{1,3} 杨 扬¹ 熊曾刚¹ 王元卓²

(北京科技大学计算机科学与技术系 北京 100083)¹ (清华大学计算机科学与技术系 北京 100084)²
(北京石油化工学院计算机科学与技术系 北京 100084)³

摘 要 服务科学、管理与工程(Service, Science, Management, Engineering, SSME)是一门新兴的多学科研究领域。该学科应用信息技术将分布于各传统学科的服务整合起来构成网络服务体系,各个领域构成的服务体系将成为一个服务系统。该服务系统中的服务活动通常表现为并行、交叉行为,服务之间存在相互依赖性,这就使得服务活动的协调成为一个突出的问题。按逻辑语义的方式进行服务的注册、匹配、查询,提供动态组合的、基于语义的、计算机可理解的服务是解决服务系统动态合成各种问题的重要方法。从服务管理的角度出发,通过引入服务本体的思想,提出语义级服务描述体系,即基于本体论的、面向服务的、可动态组合的服务描述实现模型,并使用 Petri 网定义、描述、验证了该模型。同时将提出的模型应用于网络管理系统开发中的一个案例。

关键词 本体,服务科学,服务代数,服务合成

中图法分类号 TP301 **文献标识码** A

Study on Service Composition with Semantics Based on Internet

CHEN Fu^{1,3} YANG Yang¹ XIONG Zeng-gang¹ WANG Yuan-zhuo²

(Department of Computer Science and Technology, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100084, China)¹

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)²

(Department of Computer Science and Technology, Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 100084, China)³

Abstract Service science, management, engineering(SSME) is a new discipline which has the multidisciplinary nature. Nowadays, an increasing amount of companies and organizations implement their core business and outsource other applications as services over Internet. Sometimes, single service cannot satisfy all the functionality needed by the user. It is imperative task to study how to compose services into a new service. And in such system, the elementary service activities behave in a manner of parallel, intersect, and interlinkage. And all these form dependency among the service activities. So the correspondence becomes very importance. The service's registering, matchmaking, searching based on service's algebraic logic semantics is very important. And this can supply dynamic service composition to end users. It proposed a network management semantic service description model based on the ontology, service-oriented, dynamic composition. Then the model was defined, described, validated using Petri net.

Keywords Ontology, SSME, Service algebra, Service composition

1 服务科学简介

面向服务的体系结构研究一直受到相关领域的国内外学者、研究机构和企业的高度重视,并取得了快速的发展,逐步成为一个新兴的、被称为服务科学的研究领域。Communications of the ACM(CACM) 2006 年就服务科学的内容、理论和实践等出版了服务科学专辑。参加的学者包括信息、系统工程、管理科学等方面的专家,充分体现了这一新兴领域的多学科特性,逐步形成了被称为服务科学、管理与工程(Service Science, Management and Engineering (SSME)的新的研究领

域。SSME 是 IT 技术、通讯网络技术与其它学科相结合的一门新的交叉学科。世界多所知名大学和研究机构对此展开了研究,并分别给出了定义。其中美国北卡罗来那大学的 SSME 研究组给出的服务科学定义具有一定的代表性:服务科学是从科学、管理与工程的视角分析如何高效地组合人和技术,以使得服务的提供方和使用方的交互产生增值价值。将服务看作科学的一部分,引入科学的方法解决与服务相关的各种问题,并由此提高效率和促进创新,即称为服务科学、管理与工程,简称服务科学。服务科学必须面对的两个关键问题是:(1)信息不对称与信息透明要求的对立,即服务活动

到稿日期:2008-05-30 本文受国家自然科学基金资助项目:网络服务工作流关键技术的研究(No. 60673160),虚拟水文地质环境中基于拓扑变换的三维动态可视化建模研究(No. 40742013),网络环境下自适应服务组合关键技术研究(No. 60873193),网络环境下的服务管理的基础理论研究(No. 60873192)资助。

陈 福(1973-),男,博士生,讲师,主要研究领域为服务管理、网络计算,E-mail:chenfu@serv.edu.cn;杨 扬 男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为图像识别、网络计算等;熊曾刚 博士生,研究领域为网络计算。

的各方只有了解相关方的专门知识才能作好服务;(2)可表与难表知识的同时使用。可表知识可交流、可形式化,但难表知识难以交流和形式化,多数服务交换涉及许多可表与难表知识的复杂结合。互联服务的研究、面向服务的结构(SOA)的建立、开放服务网关标准(OSGi)的提出、万维学的兴起,都为解决这些问题提供了坚实的理论和实践基础。IBM, GE, HP 等公司在这些方面已做了大量工作,并不断呼吁学界建立一个独立的一体化服务科学。开放的网络化应用和面向服务计算(Service-oriented Computing)导致 Internet 环境下计算机系统的主要形态、生产方式、运行方式和使用方式发生了巨大变化。软件系统正处在一个由软件服务实体组成的开放协同的软件环境中,未来网络软件的一种趋势表现为通过服务发现和服务动态组合构造软件应用系统。软件服务及软件服务协同已成为一种新型的应用形态,如何实现服务按需发现,以保证服务有效复用、相容组合,对提高网络软件生产效率,实现跨组织的业务集成具有极其重要的意义。服务发现和服务动态组合是服务管理的核心内容。服务管理理论可以将网络环境下的各种操作抽象成服务,实现应用层面的互联互通、无缝集成、资源共享、协同工作、按需定制,从而降低操作的成本、提高效率。

本文阐述了将服务管理技术用于网络管理体系结构中,重点阐述了基于本体论的服务描述问题,这对增强网络的管理能力,提高网络管理软件体系结构灵活性和生存性具有重要的意义。

2 服务管理体系结构

服务管理主要包括服务描述、注册、修改、服务匹配、服务调用、服务协商、服务组合以及服务监控等内容。服务管理目前常见的体系结构如图 1 所示。



图 1 服务管理体系结构

服务组合方法是服务管理的重要内容。不同用户的应用需求可使用元服务通过一定的逻辑顺序完成一定的工作,这毫无疑问是服务管理的重要内容——服务组合问题。目前出现的各种服务组合方法,可以归纳为两大类:基于工作流的服务组合方法和基于人工智能的服务组合方法。前者以流程为中心进行服务的选取与组合,存在较多的人工参与,实现比较容易,多应用于电子商务领域的应用集成以及流程管理;后者围绕问题域进行自动服务组合,人工干预较少,实现较难,多应用于规划问题求解。基于服务管理的工作流根据流程中的活动是否都通过调用服务来执行可以分为两种:混合作流和服务工作流。前者部分活动通过调用本地应用来执行,部分活动通过调用外部服务来执行;后者所有的活动都通过调用外部服务来执行。服务工作流的一个具体运行过程即一个流程实例就是一个服务组合,也被称为服务流(service flow)。如何利用 workflow 技术进行服务组合的研究,引起了研究人员的高度关注。服务组合问题求解的关键是对问题域中的元服

务的计算机理解,通过服务发现寻找相关服务。目前,针对服务计算机理解的研究处于刚刚起步阶段,但相关研究内容的数学基础对服务计算机理解的研究具有重要的意义。

1982年由 Z. Pawlak 提出的粗糙集理论和概念格理论是研究关联规则的重要方法。通过粗糙集理论和概念格方法得到的关联规则如果能被计算机所理解,则对服务管理的研究毫无疑问具有重要的意义。此两者与美国耶鲁大学 R. Schank 教授提出的基于案例推理、基于规则的推理是一脉相承的理论体系。粗糙集理论通过分类归纳概念和规则,并通过已有的概念和规则表示新的语义。概念格的重点则强调通过分类、合并产生新的概念。其实两者都是通过不确定性规则演绎新的规则,这些理论对服务管理的研究具有重要的借鉴意义。我们就是要通过对特定领域的概念进行分类和演绎形成服务的描述,在服务使用者的需求和计算机可以理解的规则之间建立起桥梁。因此,本文重点研究的就是服务管理中的服务描述问题,并将其应用在网络管理体系结构的研究上进行实际的验证。

3 语义服务描述体系的建立

3.1 服务描述体系结构

目前的服务描述语言的全面性、匹配算法的灵活性和对服务组合支持的有效性等方面存在不足,是当前面向服务计算领域面临的一个重要挑战。服务描述、服务匹配算法、查准率和查全率、服务匹配效率等问题亟待解决。

文献[1]提出了复杂服务(complex service)的解决方案:共享上下文及服务组合。任何与特定应用主题相关的服务之间总是具有某些直接或间接的联系,它们具有一些共同的上下文及应用背景,这样的一系列元数据称为共享上下文。同样,上下文也可以是执行特定服务应该具备的先决条件或系统中与该应用相关的状态信息。在服务中有效利用本体论领域模型进行服务的概念建模,进行服务的描述、发现、执行、解释和组合的自动化,在分布式环境下进行语义的提取、语义的表示、探索适合服务的知识推理方法是解决服务计算机可以理解的解决方法之一。文献[2]提出了使用上下文环境服务描述方法,并提出了基于该描述方法的服务发现。文献[3]提出了将智能体应用于上下文环境和服务管理中,并使用语义知识表示逻辑推理进行服务管理。服务描述就是如何表示服务以利于计算机理解,它的任务是构造一种服务描述语言来描述服务。图 2 给出网络服务描述结构。

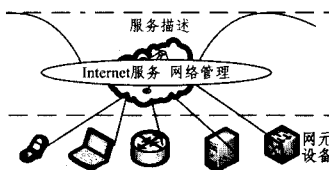


图 2 网络服务描述结构

目前针对有关服务描述的研究主要集中于电信服务管理和 Web Service 两个领域。在对服务描述方面目前集中于两个方面:其一是基于关键字的属性约束服务描述,其二是基于本体论的语义服务描述体系。

3.2 基于关键字的属性约束服务描述

国内外关于基于关键字的属性约束服务描述的相关研究

基本上都集中于在 WSDL/UDDI/SOAP 和 BPELWS 这两个方面。WSDL 采用变量类型 (Types)、消息 (Message)、端口类型 (PortType)、绑定 (Binding) 和端口 (Port) 5 种主要元素描述接口的功能,但对服务的行为约束和属性缺乏进一步支持。UDDI 提供关键字匹配功能,包括精确匹配和模糊匹配,但不能很好地识别抽象语义。UDDI 采用的是集中式拓扑,依赖于多个数据库保持定期复制来保证数据一致性。BPELWS 形成服务 workflow,完成服务的协同工作。

但基于关键字的服务描述存在语义信息缺乏,关键字和自然语言之间的模糊性使得无法从人类语言本身的角度准确地描述服务的内容,因而存在对相同的服务的不同理解,从而使得对服务的管理(如服务的匹配和发现等)存在巨大的困难。因此基于关键字匹配的方法具有很大的局限性。国内外在该领域的研究者从语义的角度出发引入本体论等内容,力求建立基于特定领域本体的、能够准确清晰表达语义信息的服务描述体系。

3.3 基于本体论的服务描述

文献[7-9]采用以本体论为基础的数据描述方法,着重解决服务处理的数据描述问题,使得以关键字为基础的描述和匹配转为语义匹配。文献[8]用本体化的元描述通过属性描述和组合形成更为复杂的内容感知服务。文献[9]着重解决了语义的清晰准确和丰富的描述信息。文献[10]中作者提出了一个“与/非服务依赖图”的形式化描述方法,半自动化地实现了服务匹配问题,并基于该图给出了动态发现服务的方法,同时使用约束规范扩展了 WSFL 的描述能力并给出实现原型。文献[11]从用户的角度出发使用资源描述框架(RDF)、Web 本体语言(OWL)描述服务的 QoS 指标,并根据经验和分析形成服务选择的数据。文献[12]将服务描述的重点放在资源的位置和资源的预留上。文献[13]集中向用户提供优化的服务及其形式化描述。文献[14]通过使用 Petri 网来验证服务描述和处理的有效性,以确保提供的服务不存在无效的情况,通过基于语义确保匹配的准确性,使用 Agent 完成上述的匹配。文献[15]根据语义和逻辑推理,把用户的服务请求和优化进行匹配。文献[16]基于 OWL 提出了服务描述的语言 USDL,采用本体论和知识描述的方法刻画了服务的动态属性。

使用本体论语言从语义上加强对服务的描述,对高效的动态组合具有重要的意义,同时采用特定的工具验证服务组合有效性以及从用户的角度进行 QoS 考虑和度量具有实际应用价值。

3.4 服务本体的建立

服务管理的基础是对服务的准确描述。组织、管理和维护服务信息并为用户提供有效的服务已成为一项重要而迫切的研究课题。直接基于关键词的服务发现技术已不能满足用户在语义上和知识上的需求,寻找新的方法也就成为目前研究的热点。为适应这些要求,Ontology 即本体论作为一种能在语义和知识层次上描述信息系统的概念模型建模工具,引起了众多科研人员的关注。本体论通过对概念的严格定义和概念与概念之间的关系来确定概念的精确含义,从而表示共同认可的、可共享的知识。本体论是解决语义层次上服务管理的基础。目前较流行的定义认为本体论是共享概念模型的明确的形式化规范说明,这包含 4 层含义概念模型(conceptua-

lization)、明确(explicit)、形式化(formal)和共享(share)。“概念模型”指通过抽象出客观世界中一些现象(phenomenon)的相关概念而得到的模型,其表现的含意独立于具体的环境状态。“明确”指所使用的概念及使用这些概念的约束都有明确的定义。“形式化”指本体论是计算机可读的(即能被计算机处理)。“共享”指本体论中体现的是共同认可的知识,反映的是相关领域中公认的概念集。本体论的目标是捕获相关领域的知识,提供对该领域知识的共同理解,确定该领域内共同认可的词汇,并从不同层次的形式化模式上给出这些词汇(术语)和词汇间相互关系的明确定义。本体论技术使得对服务进行基于语义的自动发现和组合成为可能,但这首先就需要建立关于服务的本体论。

服务合成自动化要求比较强的推理和判断演绎能力,一般需要用一种描述语言表示本体论,采用描述语言的逻辑推理能力来完成组织、管理和维护协同服务信息。通过本体论概念之间的关系来表达概念的语义,能够提高协同设计服务的管理效率。本体论的建立需要使用描述语言来实现。需要一个通用的标准语言来表示本体论,以避免在各种描述语言之间的转换。服务描述系统的整体结构如图 3 所示。

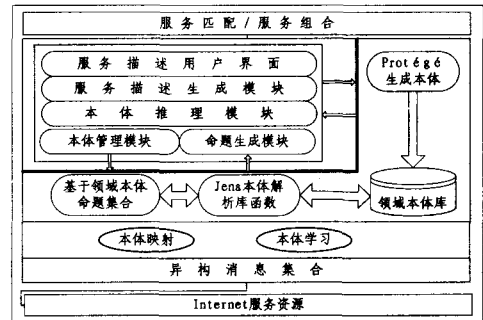


图 3 服务描述系统实现结构图

根据特定领域专家建议,通过 Protégé 等工具软件生成该领域基本本体库。建立本体是为了供应用程序使用,应用程序必须通过解析本原来推理本体,因此,一般的应用程序要借助于本体解析工具来操作本体。Jena 是 HP 公司开发的一套 Java API,支持对 OWL 本体的解析。Jena 可以把 OWL 格式文档转换成 RDF 格式进行解析,不过最直接的方法是使用 Jena 提供的一个专门用于处理 OWL 本体的接口来解析本体。该接口提供了读取本体的类、属性和实例的方法。在特定领域专家的参与下形成特定领域的基于本体库的命题集合。由于相关业务逻辑的动态变化特性,特定领域的命题集合和本体集合应该是一个动态演变的集合。因此本系统提供命题生成模块和本体管理模块用于命题和本体的管理,从而为后续的命题推理和描述生成等模块提供相应的基础。我们可以将上述建立特定领域本体的方法简述如下:

- 1) 在特定领域专家的帮助下,建立该领域的本体库。
- 2) 收集信息源中的数据,并参照已建立的系统本体论,把收集来的数据按规定的格式存储在元数据库(关系数据库、知识库等)中。
- 3) 从用户检索界面获取查询请求,查询转换器按照本体论把查询请求转换成规定的格式,在本体论的帮助下从元数据库中匹配出符合条件的数据集合。
- 4) 检索的结果经过定制处理后,返回给用户。

3.5 用于推理和发现的服务组合建模

上述过程可以形式化表示为基于随机 Petri 网的服务组合建模。对服务组合的建模是对设计过程的正确性、一致性、适应性等进行动态自适应判断和调整的基础。随机 Petri 网兼顾了数学语义与图形描述两个方面的优点,也是一种基于状态的建模方法。本文采用随机 Petri 网作为服务组合的建模工具。通过对各类典型服务模式的研究建立基于随机 Petri 网的服务组合模式库,以便根据具体任务的分解可以快速、准确地建立相应的描述模型。

基于随机 Petri 网,我们进一步根据服务组合模型的特点,可以将服务组合模型描述成一个六元组 $SCN=(P;T;F; \lambda; i; o)$,其中 P 表示有限的位置集合; T 表示有限的变迁集合,且 $(P \cap T \neq \Phi)$; $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ 是连接弧的集合; $\lambda=(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ 是变迁响应速率的集合; i 表示输入位置, $i=\{x \in P \cup T | (x, i) \in F\} = \phi$; o 表示输出位置, $o=\{x \in P \cup T | (o, x) \in F\} = \phi$ 。

位置 i 中拥有服务的初始标识,即只有 i 中有标识具备使能状态。当 i 中服务触发开始执行,当标识到达 o 时,服务结束。常见的服务组合模式如图 4 所示。

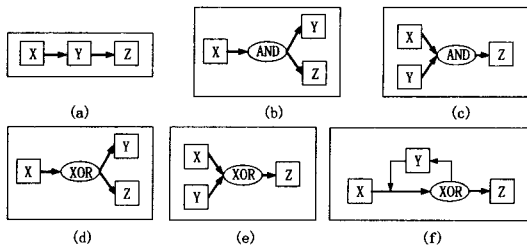


图 4 基本服务组合模式

用可定制的开放式架构,可根据用户需求进行灵活定制和部署。综合网管系统从整体上把网络管理单元分为各个功能单元,如配置管理、性能管理、故障监控、拓扑发现、事件处理、晴雨表等模块外,还提供综合信息搜索与显示、事务流程处理、IPv6 网关、用户权限认证机制等功能。采用 Web service 技术——XML-RPC 程序。XML-RPC 通过 XML, HTTP 相互连接,如图 5 所示。然后使用 Petri 网描述和验证了各个功能单元之间的关系,如图 6 所示。具体实现的平台如图 7 所示,研究并实现了基于本体论的网络服务管理系统。

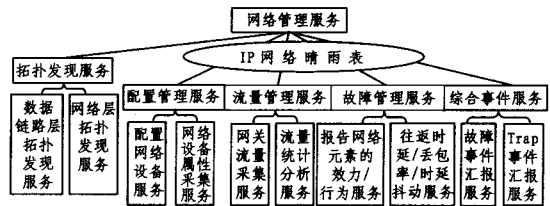


图 5 网络管理服务结构图

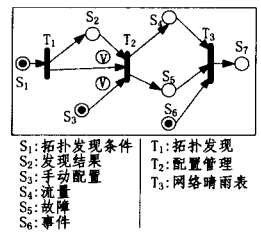


图 6 网络管理服务系统模型

3.6 基于本体论的网络管理服务描述发现系统的建立

基于服务的接口用来向潜在使用者提供服务的接口的具体实例。Microsoft 将软件服务定义为用于将适合通过网络进行访问的基于消息的接口公开的、离散的应用程序逻辑单元。服务不依赖于调用它的进程,它是独立的并与上下文无关。这将允许网络中的任何潜在合法使用者访问服务。可以用指定服务请求及相关回复的格式的合约方式定义服务。

上述服务管理的理论应用于网络管理系统具有重要的意义。首先,网络管理的各个功能单元之间逻辑上具有相应的关系的同时,每一模块本身又具备很强的独立性,完全可以将各个模块发布为独立的功能单元,并将各个功能单元分别装配于被管网络的各个节点。这样做的理由如下:

1) 网络管理的可扩展性要求。如果所管网络是一个很小的园区网络,这样做的意义应该不大。但如果管理的网络是一个范围很大的专用网络,如中国教育科研网、中国银行内部网等,将实现各个网管功能的服务单元分别装配在各个分布的节点上,将相关的信息在各个地理分布的节点上进行发布具有很大的意义。因为分布式可扩展网络管理能够随着网络规模的不断扩大而相应地扩大。其次,当部分网络节点失效时,部署在其余节点的功能单元仍能正常工作,这可以完全避免单点失效导致整体失效。在应对突发事件(如战争等事件)时保持整个网络的可靠性非常重要。

2) 由于用户可能需要部分信息或部分信息的逻辑合成,因此分别发布网络管理的各个功能单元具有意义。

我们将上述面向服务的网管思想应用到网络管理系统——IPv4/IPv6 一体化综合网管系统的开发中。该系统采

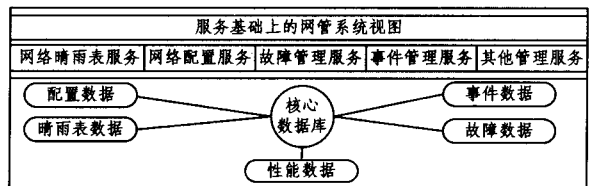


图 7 基于服务的网络服务管理系统

结束语 本文重点从服务管理的角度出发,通过引入服务本体的思想,提出语义级服务描述体系,即基于本体论的、面向服务的、可动态组合的服务描述实现模型,并使用 Petri 网定义、描述、验证了该模型。

参考文献

- [1] Greif I, Sarin S. Data Sharing in Group Work; Computer-Supported Cooperative Work [M]. Morgan Kaufmann Publishers, 1988:477-508
- [2] ADCS. <http://www.tssg.org/archives/2006/06/adcs.html>
- [3] Bridges B. <https://www.cdt.ltu.se/projectweb/421467a57a123/About%20BrainBridges.html>
- [4] Lutz M. Ontology-based service discovery in spatial data infrastructures // Workshop on Geographic Information Retrieval, 2005
- [5] Yang S J H, Shao N W Y, Lan B C W, et al. An Ontology Based Content Model for Web Services Description // Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Services Computing, 2004
- [6] Mika P, Oberle D, Gangemi A, et al. Foundations for service ontologies: aligning OWL-S to dolce // International World Wide

Web Conference Archive, Proceedings of the 13th International Conference

- [7] Liang Qianhui. Composite service discovery, description and invocation. Doctoral Thesis, 2004
- [8] Day J, Deters R. Selecting the best web service // IBM Centre for Advanced Studies Conference. 2004
- [9] Thompson M S, Midkiff S F. Service Description for Pervasive Service Discovery // Proceedings of the First International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobile Internet (SIUMI) (ICDCSW'05). 2005
- [10] Bonatti P A, Festa P. On optimal service selection // Proceedings of the 14th International Conference on World Wide Web; SESSION: Service selection and metadata, 2004
- [11] Yang S J H, Lan B C W, Chung Jen-Yao // Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service (EEE'05). 2005

- [12] Antoniou G, Skylogiannis T, Bikakis A. DR-BROKERING: A semantic brokering system. Knowledge-Based Systems, Feb. 2007
- [13] Simon L, Bansal A, Kona S. Towards a Universal Service Description Language // Proceedings of the International Conference on Next Generation Web Services Practices
- [14] Zein O K. An Approach for Service Description and a Flexible Way to Discover Services in Distributed Systems // Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'05). 2005
- [15] Li Jing-shan, Liao Hua-ming, Hou Zi-feng, et al. Adynamic service composition method based on semantic interface description in pervasive computing. Journal of Computer Research and Development, 2004, 41(7): 1124-1134
- [16] 李曼, 王大治, 杜小勇, 等. 基于领域本体的 Web 服务动态组合 [J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 644-650

(上接第 180 页)
均事务响应时间图。

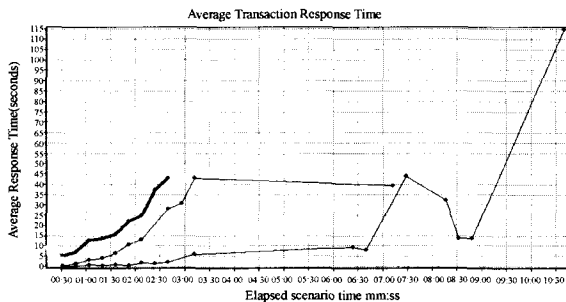


图3 Vuser 为 150 时测试的平均事务响应时间图

评价一个 Web 系统性能非常重要的指标就是操作的响应时间、CPU 的使用率等。LoadRunner 可以根据需要记录每个操作的响应时间。

4 测试结果分析

针对制定的测试性能指标,要找出在响应时间为用户可接受的范围内电子政务系统可支持的最大并发用户数。根据 Mercury 公司的报告,网站性能问题可能由许多因素引起^[4]。但是,大约一半的性能问题是由于网络、Web 应用程序、Web 服务器和数据库服务器引起的。对数据库操作依赖性很大的动态网站出现性能问题的风险尤其大。

电子政务系统在大量并发用户访问下,首先是硬件原因,包括 CPU 的主频、内存的容量以及网络带宽影响系统性能的瓶颈。如果排除硬件原因的话,分析是否是应用软件和系统软件影响了系统的性能。根据图 3 的结果,在高并发的情况下,操作的响应时间过长,按照定位的性能瓶颈,依次检查 Web 程序、数据库和应用服务器配置。

测试时使用的网络环境为局域网,硬件配置较差,而系统正式使用时的网络环境为 100Mbps 电信和网通专线接入,因此可以排除网络对系统性能的影响。数据库服务器使用的配置较高,并且测试时数据库服务器的 CPU 占用率和内存使用率均保持在正常状态,因此也可以排除数据库服务器对性能的影响。

如表 1 所列,在并发数较多的情况下,出现了较多 Web 服务器连接超时和拒绝请求的情况,判断是由于 Web 服务器

连接人数限制造成的,找到了系统性能瓶颈。某些事务响应时间仍然较高,但这是每个测试脚本模拟 150 个客户端瞬时访问数据库的情况,而且在这种情况下,应用服务器和数据库服务器均工作正常。

表 1 平均响应时间

Transaction Name	Minimum	Average	Maximum	Std. Deviation	90 Percent	Pass	Fail	Stop
Xjgw Transaction	0.282	7.376	18.454	5.226	14.075	144	1	0
Pygw Transaction	4.784	13.716	27.197	5.738	24.389	145	1	0
CKgw Transaction	4.275	13.99	36.015	7.347	26.239	147	2	0

通过以上分析,优化数据库设计,检查表的索引,发现部分表的索引设计不合理,为部分表的字段增加索引。对个别频繁访问多表的过程,在主表内增加部分冗余数据,避免多表查询。进行系统调优后,对 Vuser 为 150 的情况再次进行了测试,优化后性能得到大幅提升。

结束语 负载测试结果很难仅仅解释为通过或失败,需要根据系统的主要功能来选择合理的评估指标,发现瓶颈的目的主要是为了掌握系统,为改善和扩展系统提供依据。对这些问题的充分研究及解决必将有助于 Web 应用测试技术的进一步发展。

参考文献

- [1] 桑圣洪,胡飞.性能测试工具 LoadRunner 的工作机理及关键技术研究[J].科学技术与工程,2007,6(7):1019-1024
- [2] 邓小鹏,邢春晓,蔡莲红.Web 应用测试技术进展[J].计算机研究与发展,2007,44(8):1273-1283
- [3] 白晓颖,赵冲冲,戴桂兰.Web 服务测试研究[J].计算机科学,2006,33(2):252-256
- [4] 熊忠阳,李光勇,张玉芳,等.Web 集群系统性能测试与优化[J].计算机应用研究,2008,25(3):826-832
- [5] Tsai W T, Zhou Xinyu, Paul R A, et al. A Coverage Relationship Model for Test Case Selection and Ranking for Multi-version Software. [J] // 10th IEEE High Assurance Systems Engineering Symposium. 2007: 105-112
- [6] Beydeda S, Gruhn V. State of the art in testing components [C] // Proc. of the 3rd Int'l Conf. on Quality Software (QSIC'03). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2003: 146-153