

云计算系统研究及其在交通运输中的应用

蒋新华^{1,2}, 胡惠淳¹, 张 锦³, 朱 铨^{1,2}, 邹复民²

(1. 中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410075;

2. 福建工程学院 下一代互联网应用技术研发中心, 福建 福州 350108;

3. 福建省交通信息通信中心, 福建 福州 350001)

摘 要: 云计算的高可扩展性、高可用性和廉价性吸引了越来越多的企业投入研究。在分析探讨几个典型的云计算平台架构的基础上, 深入比较了各平台之间的差异, 归纳总结了各平台现有的实例产品及应用案例。最后针对我国的交通运输发展现状以及交通信息数据处理特性, 提出了一种交通运输云平台参考体系, 同时基于 VMware 云平台搭建了海量交通数据实验云平台并进行了计算性能测试分析。实验结果表明该平台能够在现有处理器、储存设备等基础设施不变的情况下整合智能交通系统现有的资源, 提高整个交通运输系统的计算储存能力和数据安全性。

关键词: 云计算; 体系架构; 虚拟化; 智能交通; 云平台

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)11-0217-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.11.055

Research on Cloud Computing System and Its Application in Traffic Transportation

JIANG Xin-hua^{1,2}, HU Hui-chun¹, ZHANG Jin³, ZHU Quan^{1,2}, ZOU Fu-min²

(1. School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410075, China;

2. Research Center for Next-generation Internet Tech & Apps, Fujian University of Technology,
Fuzhou 350108, China;

3. Fujian Transportation Information and Communication Center, Fuzhou 350001, China)

Abstract: More and more enterprises are investing and researching on the cloud computing just because of its high scalability, high availability and inexpensiveness. Based on discussing several typical cloud computing platforms, comparing the difference between there platforms in depth, summarize the existing example product and application case. Finally, according to the current situation of transportation and features of transportation information data processing in China, propose a cloud platform transportation reference system, at the same time, deploy an experimental platform based on VMware cloud platform and conduct the performance analysis. The experiment results show that the platform can integrate the existing resources of all the transportation under the condition of unchangeable infrastructure, improve storage ability and data security of the whole transportation system.

Key words: cloud computing; architecture platform; virtualization; intelligent transportation; cloud platform

0 引言

随着信息和通信技术近半个世纪的发展, 分布式计算 (Distributed Computing)^[1-2]、并行计算 (Parallel Computing)^[3-4]、网格计算 (Grid Computing)^[5-6] 以及透明计算 (Transparent Computing)^[7-8] 的相继出现, 越来越证明计算资源将会成为继水、电、气和电话之后的

第五种即取即用的公共设施^[9], 而 2007 年云计算的提出强烈地证实了计算机先驱 John McCarthy 早在 1961 年的预言: “未来计算资源能像公共设施 (如水、电) 一样被使用。”^[10]

云计算已被我国“十二五规划”列为战略性新兴产业支柱产业。云计算是多种传统的计算机技术和网络技术发展融合的产物, 其核心理念就是通过不断提高云

收稿日期: 2013-12-22

修回日期: 2014-03-26

网络出版时间: 2014-09-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61101139)

作者简介: 蒋新华 (1956-), 男, 教授, 研究方向为无线宽带网络和下一代互联网; 胡惠淳 (1988-), 女, 湖南常德人, 硕士研究生, 研究方向为无线数据通信及移动通信技术在交通领域的应用研究。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140911.1001.024.html>

的处理能力,进而减少用户终端的处理负担,最终使用户终端简化成一个单纯的输入输出设备,并能按需享受云的强大计算处理能力。如今,越来越多的企业级云计算平台被提出,文中在简要介绍云计算原理的基础上,将详细地讨论几个典型的企业云计算平台,并提出一种交通运输云计算平台的参考体系。

1 云计算概述

根据文献[10]的定义:云计算是一种共享的网络交互信息服务模式,是一种新兴的商业模型。前台提供一种按使用量付费的模式,通过互联网透明地将服务提供给用户,后台由大量的集群使用虚拟机的方式,组成大型的虚拟资源池,将各种软件、硬件和数据等资源封装成服务,通过互联网提供可用的、友好的、按需的网络访问^[11]。

国际知名市场研究机构 Gartner 称,云计算是 2010 年最具影响力的 IT 技术,也是 2011 年影响众多公司发展最具战略意义的技术^[12],代表着高新技术的“云计算”带来的便利正在改变着大众的日常生活。比如,云计算提高了图书馆的存储、管理、安全性以及计算能力、服务能力^[13];“位置云”体系的构建极大地促进了卫星导航产业的发展;建立基于云计算的电力系统计算平台,解决了传统电力系统计算平台在计算、存储、信息集成和分析等方面的不足^[14-15];云计算超大规模的计算能力能提高地震仪器的精密性,使地震勘测更加准确。

IT 资源服务化是云计算重要的外部特征,云计算将硬件、软件和数据资源都封装成服务提供给用户。根据美国国家标准与技术研究院(NIST)的定义,当前云计算服务可分为 3 个层次,分别是:

(1)基础设施即服务(IaaS),如 Amazon 的弹性计算云(Elastic Compute Cloud, EC2)、IBM 的智慧云(Smart Cloud)以及 Sun 的云基础设施平台等;

(2)平台即服务(PaaS),如 Google 的 Google App Engine 与微软的 Azure 平台等;

(3)软件即服务(SaaS),如 Salesforce 公司的客户关系管理服务。

2 云计算平台

云计算提供商旨在为用户提供随时随地的云计算服务,这种服务包括基础设施、应用平台以及应用软件^[16-18]。接下来,文中从 IaaS, PaaS, SaaS 三个层面分析比较典型的云计算平台。

2.1 Amazon 云计算

Amazon Web Services 是一组服务,为独立软件开发人员以及开发商提供云计算服务平台^[19],它允许通

过程序访问 Amazon 的计算基础设施,任何能够访问 Internet 的人都可以使用 Amazon 提供存储、计算、消息传递和数据集等 Web 服务,根据需要轻松地扩展或收缩计算能力。

Amazon 云计算目前应用最广的是 EC2, EC2 环境本身基于 Xen 系统管理程序,主要包括以下几部分:

(1) Amazon Machine Image (AMI) 是一个包含软件配置的模版,可以是一个操作系统、一个应用服务器或者是一个应用程序。

(2) 存储中应用最多的是 S3, S3 提供四种访问控制机制来确保数据的安全性,分别是身份和访问管理机制(Identity and Access Management policies, IAM)、访问控制列表(Access Control Lists, ACL)、bucket 机制以及字符串查询认证(query string authentication)。

(3) Amazon 为存储在 EC2 上的应用程序提供两种数据库,使用 Amazon 关系数据库服务(Amazon RDS)或者启动一个 AMI 数据库实例,并使用它的 EC2 实例作为数据库。

(4) 监控、自动伸缩功能和负载均衡。

Amazon 云监控(Amazon CloudWatch)是一种服务,收集来自于 AWS 产品的原始数据,经过信息处理后转化为可读的、接近实时的数据指标。自动伸缩功能是一个 Web 服务,它能够基于用户定义的政策、健壮状态检查和时间表自动启动或终止 EC2 实例。弹性负载均衡功能能够将新添加的应用程序自动地分发到 EC2 实例,很好地实现负载均衡。

2.2 Google 云计算

Google 云计算平台采用了“自顶向下”的设计方法,即从上层应用出发,根据特定应用的业务特征对基础设施进行改造,其本质上是一种专用平台。

Google 的云计算基础架构模式包括 4 个相互独立又紧密结合在一起的模块:

(1) Google File System 分布式文件系统^[20],通过服务器端和客户端的联合设计,GFS 对应用支持达到了性能与可用性的最优化;

(2) Map-Reduce 编程模式^[21-22],源自函数式语言,主要通过“Map(映射)”和“Reduce(化简)”这两个步骤来并行处理大规模的数据集,分布式的集群支持并行计算、可靠性和可扩展性则交由平台来处理,从而保证了后台复杂的并行执行和任务调度向用户和编程人员透明;

(3) 大规模分布式数据库 BigTable^[23], BigTable 针对数据读操作进行了优化,采用基于列存储的分布式数据管理模式以提高数据读取效率;

(4) 分布式的锁机制 Chubby^[24], Chubby 是一个非常鲁棒的粗粒度锁, BigTable 使用 Chubby 来保存根数

据表格的指针,即用户可以首先从 Chubby 锁服务器中获得根表的位置,进而对数据进行访问。

Google 云计算的重点产品是 Google App Engine (GAE),GAE 主要提供 PaaS 层服务,可让用户在其基础架构上运行网络应用程序,App Engine 应用程序易于构建和维护,可根据访问量和数据存储需求的增长弹性扩展。

2.3 Salesforce 云计算

Salesforce 云计算平台包含三个部分,基础架构与物理资源层、PaaS 中间平台层和商业应用层。

Salesforce 云计算的四大核心技术:多点租用架构、元数据驱动的开发模型、Web Services API、AppExchange 目录。下面通过表 1 来进行对比展示。

表 1 Salesforce 云计算的四大核心技术

技术	特点
多点租用架构	允许所有的用户和应用共享任何一个独立的、公共的架构和代码基类
元数据驱动	应用程序被定义为可声明的“Blueprint”而无需编写代码。数据模型、对象、表单、工作流都是通过元数据定义的
Web Services API	提供了一种直接的、强大的、开放的方式来访问此平台上所有的应用和数据,且独立于开发语言
AppExchange 目录	包含成百上千的 AppExchange 应用

Salesforce CRM 是一款在线客户管理工具,并在销售、市场营销、服务和合作伙伴这 4 个商业领域上提供完善的 IT 支持,还提供强大的定制和扩展机制,来让用户的业务更好地运行在 Salesforce 平台上,Salesforce CRM 被视为 SaaS 层服务的典型代表。

2.4 VMware 云计算

VMware vCloud 是集多种技术于一身的 VMware 云计算解决方案,专为希望在云内部和外部均获得生产级性能和可靠性的企业而设计。VMware 提供企业级混合云模式,可以为整个 IT 体系创建一致的策略:云计算基础架构和管理、云计算应用平台和终端用户计算。

vSphere 是基础架构设施的虚拟化平台,通过 VMware vShield,可以使用统一的安全框架动态云计算基础环境;vCloud 可确保应用程序能够跨云移植;vFabric 用于构建、运行和扩展在内部或外部部署的新式应用程序,vFabric 平台通过智能化地利用底层基础架构,可提供最佳的应用程序性能、服务质量和资源利用率。VMware vFabric GemFire 作为一个分布式数据管理平台,通过融合复制、分区、数据感知型路由和连续查询等高级技术,实现了云规模的高性能数据管理,并可提供动态扩展性、高性能和类似于传统磁盘数据库的可靠性和持久性。

2.5 应用比较

Amazon 云计算主要基于 IaaS 云计算模式,主要面向的是开发人员,相应的产品有 S3、EC2、SQS、RDS 等。SmugMug 充分运用了 Amazon 云计算服务,图片和视频总计达到了 PB 级,托管在 Amazon S3 上,图片和视频的处理则在 Amazon EC2 上。纽约时报也展现了 EC2 的强大能力,它在 36 小时内使用数百个 EC2 实例处理了数 TB 的存档数据。

Google 云计算产品 GAE 主要是 PaaS 云计算服务模式,面向开发人员,Google Analytics 是企业级的网站分析解决方案,使用 BigTable 存储和检索数据,使用 Map-Reduce 统计数据,适用于海量用户和海量数据环境下。

Salesforce CRM 运用多租户技术体现了 SaaS 层服务理念,很多企业运用 CRM 不仅简化了客户关系管理,提升了客户满意度,还极大地节省了成本。

VMware 云计算通过 VMware vSphere 提供 IaaS 服务,通过 vFabric 平台和 Cloud Foundry 提供 PaaS 服务,主要面向的是开发人员。苏州工业园区由于信息系统迅速扩张引发的升级维护耗时耗力等一系列问题,通过以 VMware vSphere/ VCenter 平台为核心,以 VMware View 为辅助的架构重组,逐步形成适合园区政务私有云自身应用体系的架构模式,实现了一种既环保又高效的政务私有云环境。

几大主要的云平台比较如表 2 所示。

表 2 几大主要的云平台比较

	Amazon	Google 云计算	Salesforce	VMware
主要领域	IaaS	PaaS	SaaS	PaaS&IaaS
服务类型	计算,存储	Web 应用	应用软件	计算
虚拟化	Xen	应用级虚拟	---	VMware
系统开放性	部分开源	不开源	不开源	不开源
编程框架	AMI	Python, Java	---	---
目标用户	开发人员	开发人员	终端用户	开发人员
实例产品	EC2, S3	Google App Engine	CRM	VFabric, Foundry
应用案例	SmugMug	Google Analytics	企业管理	苏州工业园

3 交通运输云计算平台

智能交通系统^[25-26]是现代交通的发展方向,旨在解决交通拥堵及交通安全问题,提高交通效率。世界各国在智能交通系统方面投入了大量人力、物力进行研究、开发和应用^[27]。

目前的智能交通系统存在以下几个问题:

(1)信息共享程度不高。通信系统和发布系统一般都是采用专用的设备,构筑在专用的系统上,信息的发布多采用单向传播,缺乏互动性;同时传统交通系统的信息种类受限于系统的应用目的,信息来源封闭,种

类单—^[28];

(2)信息标准不统一。由于数据标准、系统接口不统一导致数据无法形成共享;

(3)交通信息数据是实时的海量动态数据,具有处理大量化、多样化、快速化等要求,而传统类型的数据处理远远不能满足要求。

云计算的应用则可以加强交通运输系统之间的信息共享,降低中心子系统的应用程序层和计算机设备层的耦合度,同时也能发挥分布式内存数据库的动态可扩展性,极大地提高了系统数据处理能力。

交通运输云计算平台是以共建共享为目的,通过整合交通运输行业信息、业务资源、现有业务系统,搭建交通运输云服务平台集成开发环境,将 IT 相关的能力以服务的方式提供给用户,用户可方便地按需通过网络访问共享的可配置计算资源(如网络、服务器、存储、应用程序和服务)池。

3.1 系统架构

文中提出的交通运输云计算平台以服务为核心,其总体系统架构如图 1 所示。

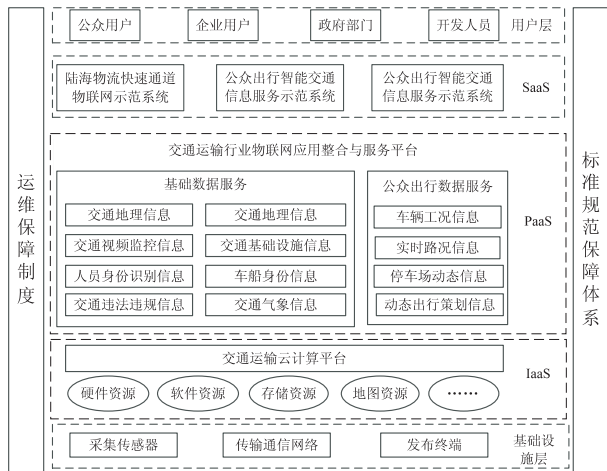


图 1 交通运输云计算平台总体系统架构

其中:

(1)IaaS 层构建整个平台的硬件基础,包括各种服务器(如 x86 服务器、小型机等)、存储设备(如 SAN、NAS 等)、网络设备(如网络、核心路由器、接入路由器、负载均衡设备、防火墙等)等。

(2)PaaS 层提供的软件服务主要是运行时环境、数据库和中间件,从而为上层的 SaaS 提供运行时环境和数据库等“支撑环境”。其主要的建设内容可分为三个部分:支撑环境搭建、通用中间件融合和交通信息化业务中间件集成。

(3)SaaS 层为平台提供了用户最终所需要的业务服务功能,SaaS 层是交通运输行业物联网应用整合与服务平台的最上层,直接对最终用户或应用服务提供商提供服务。

(4)用户层为用户提供使用平台服务的各种方式,除了传统的 Web 浏览器接入门户外,还提供了手机等移动终端接入门户。

(5)运营支撑平台则提供整个平台的管理功能,包括用户管理、流量管理、安全管理和计费管理等。

3.2 系统性能测试

为了测试该系统在实际环境下的计算性能表现,文中选取了“省交通运输行业物联网应用整合与服务工程”实施项目中的浮动车实时定位子系统真实数据作为海量数据源。浮动车实时定位系统汇集了来自于 16 万(平均在线 9.6 至 9.8 万)辆浮动车的实时数据,包括全球定位系统(Global Positioning System, GPS)数据、车辆状态数据等,采用 30 秒的更新采样频率和 5 分钟的发布周期,其数据带有明显的海量数据特征,计算量大,且必须具备较高的时效性和可靠性。

文中通过 VMware vSphere 5.0 将硬件基础设施进行资源池虚拟化,并通过 VMware vCloud Director 构建起一个真实可用、完整的云计算平台环境。

通过实验对比分析云实验平台和传统交通平台的性能。

实验一:在云平台资源池内固定分配 6 台虚拟机,其上所部署的每个 GemFire 数据管理节点开启 3 个 server,且分配共计 12 G 的内存,实验时数据总量以 200 万递增。

图 2 所示为数据总量增加时,GemFire 内存数据库的计算性能曲线。

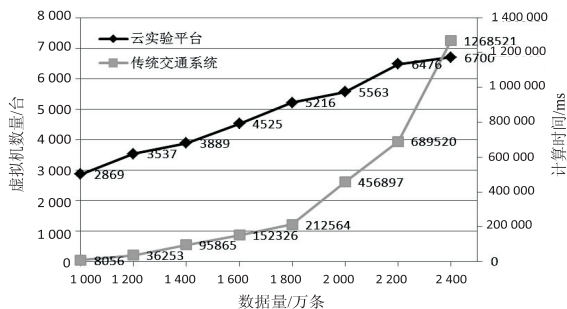


图 2 计算性能曲线 I

通过上面的性能曲线,可以得到以下结论:

数据总量以 200 万递增,从 1 000 万增加到 2 400 万,云实验平台的整个数据库遍历时间从 2.869 s 仅增加到了 6.7 s,且其计算性能曲线变化过渡得相对平滑。而传统的交通系统的计算时间却从 8.056 s 增加到了 1 400 s,特别是在数据量达到 1 800 万条后出现急剧增长,计算时间达到了 20 倍增长。由于采用了云计算,云交通系统可以极大地避免传统数据库大规模数据访问时,磁盘 I/O 所导致的性能瓶颈,计算性能得到了显著提高。

实验二:云资源池上所部署的每个 GemFire 数据

管理节点开启 4 个 server,且分配共计 12 G 的内存,在云平台资源池内装配 10 台虚拟机,开启负载均衡功能,实验时数据总量不定量增加或减少,观察在云平台资源池内实际使用的虚拟机数量的变化。

图 3 所示为数据总量增加时,云平台资源池内实际使用的虚拟机数量的变化图以及系统的计算性能曲线图。

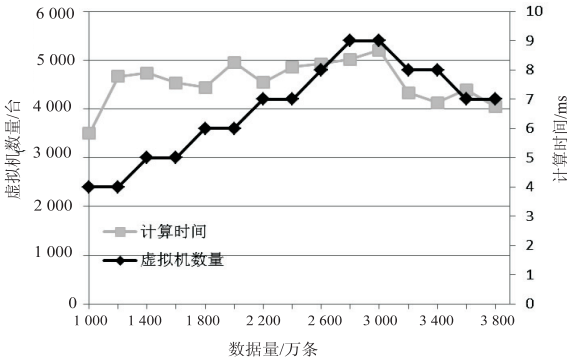


图 3 计算性能曲线 II

通过上面的性能曲线,可以得到以下结论:

数据总量以 200 万递增,当增加到 3 000 万时开始递减,可以发现系统使用的虚拟机数量随数据量的增加而增加,当数据量减少时,又可以及时地减少,保证系统计算时间基本稳定在 4 000 ~ 5 000 ms 之间,这很好地实现了负载均衡,保障了整个系统的计算性能。

4 结束语

以服务为导向,云计算实现了基础设施、开发平台和应用软件的即买即用型功能。文中分析比较了典型云计算平台的体系结构与解决方案,不同的云平台提供不同的 IaaS, PaaS 和 SaaS 层服务,随着云技术的不断发展,各云平台发展指向 EaaS(Everything as a Service),旨在提供一体化的解决方案。在此基础上结合我国交通运输发展现状,提出了详细的交通运输云计算总体系统架构,最后基于 VMware 云搭建了真实的交通云平台,进行了海量数据性能测试。实验结果表明该系统比传统交通系统在针对大数据处理方面具有更高的计算性能,同时也能很好地实现负载均衡。

参考文献:

- [1] Wu Lun, Yan Menglong, Gao Yong, et al. A distributed spatial computing prototype system in grid environment[J]. Science China Technological Sciences, 2010, 53(17): 25-32.
- [2] 朱友文, 黄刘生, 陈国良, 等. 分布式计算环境下的动态可信度评估模型[J]. 计算机学报, 2011, 34(1): 55-64.
- [3] Chen G L, Sun G. Study on parallel computing[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2006, 21(5): 665-673.
- [4] 张云泉. 面向高性能数值计算的并行计算模型 DRAM(h)[J]. 计算机学报, 2003, 26(12): 1660-1670.
- [5] Kroecker K L. Grid computing's future[J]. Communications of the ACM, 2011, 54(3): 15-17.
- [6] Iosup A, Epema D H J. Grid computing workloads[J]. IEEE Internet Computing, 2011, 15(2): 19-26.
- [7] 徐广斌, 张尧学, 周悦芝, 等. 基于虚拟机的透明计算系统的设计及实现[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, 48(10): 1679-1682.
- [8] 张尧学. 透明计算: 概念、结构和示例[J]. 电子学报, 2004, 32(F12): 169-174.
- [9] Buyya R, Yeo C S, Venugopal S, et al. Cloud computing and e-merging IT platforms: vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility[J]. Future Generation Computer Systems, 2009, 25(6): 599-616.
- [10] 罗军舟, 金嘉晖, 宋爱波, 等. 云计算: 体系架构与关键技术[J]. 通信学报, 2011, 32(7): 3-21.
- [11] Michamel A, Armando F, Rean G. A view of cloud computing[J]. Communications of the ACM, 2010, 53(4): 50-58.
- [12] Pettey C, van der Meulen R. Gartner's 2012 hype cycle for e-merging technologies identifies "tipping point" technologies that will unlock long-awaited technology scenarios[M]. [s. l.]: [s. n.], 2012.
- [13] 吕倩. 基于云计算及物联网构建智慧校园[J]. 计算机科学, 2011, 38(B10): 18-21.
- [14] 赵俊华, 文福拴, 薛禹胜, 等. 云计算: 构建未来电力系统的核心计算平台[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(15): 1-8.
- [15] 王德文. 基于云计算的电力数据中心基础架构及其关键技术[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(11): 67-71.
- [16] Qian L, Luo Z. Cloud computing: an overview[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2009.
- [17] Ekanayake J, Fox G. High performance parallel computing with clouds and cloud technologies[C]//Proc of first international conference on cloud computing. Munich: [s. n.], 2010: 20-38.
- [18] Gillen A, Broussard F W, Perry R, et al. optimizing infrastructure: the relationship between IT labor costs and best practices for managing the windows desktop[R]. America: Microsoft, 2007.
- [19] Simon O, Alexandr U I, Nezh Y. A performance analysis of EC2 Cloud computing services for scientific computing[J]. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, 2010, 34(4): 115-131.
- [20] Google. Google cloud platform[M]. [s. l.]: Google, 2009.
- [21] Afrati F N, Ullman J D. Optimizing multiway joins in a Map-Reduce environment[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2011, 23(9): 1282-1298.
- [22] Dean J, Ghemawat S. MapReduce: simplified data processing on large clusters[J]. Communications of the ACM, 2005, 51(1): 107-113.

趋势与高血压的临床反应相一致。

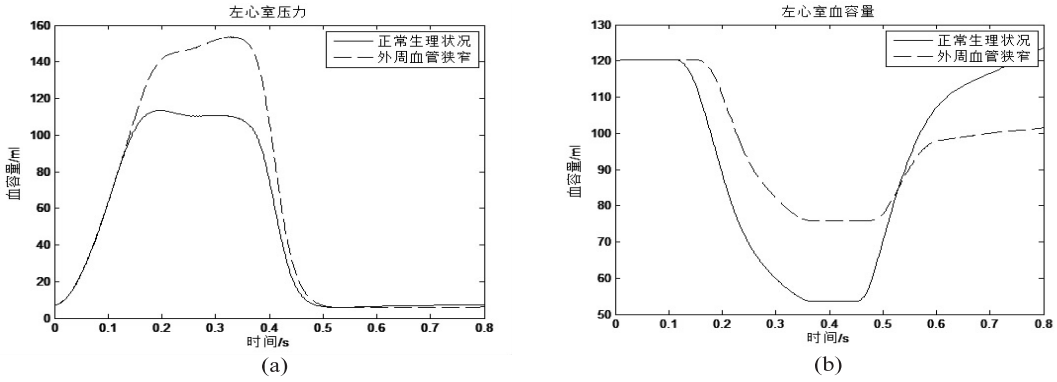


图 5 正常生理状况下与高血压情况下左心室血压与左心室血容量的对比图

3 结束语

根据心血管系统的生理结构提出了心血管仿真模型的集总参数模型,着重对体循环子模型进行了仿真分析,仿真分析了正常生理情况下的体循环血流动力学参数以及心衰和高血压情况下的血流动力学参数。实验结果表明,该体循环子模型简单有效,通过改变 R_{ao}, R_1, E_{max} 的值能有效模拟出高血压和心衰的病理情况,为研究不同部位病变导致心衰的机理和辅助装置辅助心脏的仿生控制机理提供基础研究,对诊断和治疗心衰疾病具有重要意义。从仿真结果可看出提出的模型简单、可行,不仅能反映健康状况下的心血管循环中体循环的血流动力学参数,还能反映几种病态情况下的血流动力学参数,为以后的研究打下了基础。

参考文献:

- [1] Greene M E, Clark J W, Mohr D N, et al. A mathematical model of left-ventricular function[J]. Medical and Biological Engineering, 1973, 11: 126–134.
- [2] Chung D C, Niranjana S C, Clark J W, et al. A dynamic model of ventricular interaction and pericardial influence[J]. American Journal of Physiology, Heart and Circulatory Physiology, 1997, 41(6): 2942–2962.
- [3] Cheng Xiefeng, Ma Yong, Liu Chen, et al. Research on heart sound identification technology[J]. Science China Information Sciences, 2012, 55(2): 281–292.
- [4] Hu Zhe, Diao Yinmin. Primary model of heart-systemic-

- pulmonary system[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2002, 30(1): 61–65.
- [5] Goldstein Y, Beyar R, Sideman S. Influence of pleural pressure variations on cardiovascular system dynamics: a model study[J]. Med & Biol Eng & Computer, 1988, 26(3): 251–259.
- [6] 吴望一,戴国豪,温功碧. 心室和血管的动态耦合[J]. 应用数学和力学, 1999, 20(7): 661–674.
- [7] 杨 艳,吴效明,陈丽琳. 左心循环系统的建模与仿真[J]. 中国医学物理学杂志, 2005, 22(6): 730–732.
- [8] 王庆伟,许世雄. 心血管系统体循环输入阻抗的几种集中参数模型的比较和应用[J]. 医用生物力学, 2003, 18(1): 6–12.
- [9] 韩志艳,伦淑娴,王 健. 基于遗传小波神经网络的语音情感识别[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(1): 75–78.
- [10] 陈 英,张少白. 语音反演远端监督学习模型研究[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(3): 105–108.
- [11] Cheng Xiefeng, Zhang Zheng. A construction method of biorthogonal heart sound wavelet[J]. Acta Phys Sin, 2013, 62(16): 168701.
- [12] Cheng Xiefeng, Ma Yong, Zhang Shaobai, et al. Three-step identity recognition technology using heart sound based on information fusion[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument (in Chinese), 2010, 31(8): 1712–1719.
- [13] Zhong Lisha, Guo Xingming, Xiao Shouzhong, et al. The third heart sound after exercise in athletes: an exploratory study[J]. Chinese Journal of Physiology, 2011, 54(4): 219–224.


(上接第 221 页)

- [23] Chang F, Dean J, Ghemawat S, et al. Bigtable: a distributed storage system for structured data[J]. ACM Transactions on Computer Systems, 2006, 26(2): 205–218.
- [24] Kikas R. The chubby lock service for loosely-coupled distributed systems[R]. Berkeley: [s. n.], 2010.
- [25] 杨晓光,云美萍,周雪梅,等. 中国智能交通系统评价方法研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2006, 6(6): 14–20.

- [26] 中华人民共和国交通运输部规划司. 公路水路交通运输信息化“十二五”发展规划[M]. 北京: 中华人民共和国交通运输部规划司, 2011.
- [27] 陈 静,赵 菁,石建军. 泛在网络在智能交通中的应用初探[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2012, 36(1): 199–202.
- [28] 石建军,李晓莉. 交通信息云计算及其应用研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(1): 179–184.

作者：[蒋新华](#)，[胡惠淳](#)，[张锦](#)，[朱铨](#)，[邹复民](#)，[JIANG Xin-hua](#)，[HU Hui-chun](#)，[ZHANG Jin](#)，[ZHU Quan](#)，[ZOU Fu-min](#)

作者单位：[蒋新华, 朱铨, JIANG Xin-hua, ZHU Quan\(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410075; 福建工程学院 下一代互联网应用技术研究中心, 福建 福州 350108\)](#)，[胡惠淳, HU Hui-chun\(中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙, 410075\)](#)，[张锦, ZHANG Jin\(福建省交通信息通信中心, 福建 福州, 350001\)](#)，[邹复民, ZOU Fu-min\(福建工程学院 下一代互联网应用技术研究中心, 福建 福州, 350108\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(11)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjفز201411055.aspx