

数字图书馆云计算研究

张龙昌,刘冬升,杨艳红,王小明

(渤海大学 信息科学与技术学院,辽宁 锦州 121013)

摘要:选取中国知网为检索工具,以近4年国内数字图书馆云计算技术研究的373篇文献为分析对象,概括国内学者围绕数字图书馆云计算技术研究重点,着重从数字图书馆云平台构建、数字资源存储、数字资源检索、数字图书馆迁移、数字资源整合、数字资源调度、云计算中心的负载和网络优化以及数字资源安全技术共8个方面研究国内数字图书馆云计算技术。选取ISI Web of Knowledge和Engineering Village为检索工具,以近4年国外数字图书馆云计算技术研究的398篇文献为分析对象,概括国外学者围绕数字图书馆云计算技术研究重点,着重从数字图书馆云平台构建、数字图书馆虚拟化技术、数字资源语义技术、数字图书馆迁移技术、数字图书馆中基于云的高性能计算、数字图书馆云服务模式共6个方面研究国外数字图书馆云计算技术。最后提出数字图书馆云计算技术目前研究存在的不足和未来发展趋势。

关键词:数字图书馆;云计算;数字资源;数据检索;数据存储;数据迁移;云平台构建

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)08-0098-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.08.021

Research on Cloud Computing for Digital Library

ZHANG Long-chang, LIU Dong-sheng, YANG Yan-hong, WANG Xiao-ming

(College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: It selects the China Knowledge Resource Integrated Database as the retrieval tool in this paper, taking the 373 articles in nearly 4 years of cloud computing for domestic digital library as the analysis object, and focuses on the technology of cloud computing in the digital library, summarizing the research status of cloud computing technology in the domestic digital library from 8 aspects which involve the construction of the digital library, storage, retrieval, integration and scheduling for digital library, digital library migration, cloud computing center load and network optimization, digital resource security technology. The ISI Web of Knowledge and Engineering Village is selected as the retrieval tool, taking the 398 articles in nearly 4 years of foreign digital library cloud computing, and the technology of cloud computing in the digital library is focused on, summarizing the research status of cloud computing technology in the foreign digital library from 6 aspects which involve the construction of digital library, the virtual technology of digital library, the technology of digital resource semantic, the technology of digital library migration, the high performance computing based on cloud, and the cloud service model of digital library. At last, the lacks of research and the future development trend for cloud computing technology of digital library are presented.

Key words: digital library; cloud computing; digital resource; data retrieval; data storage; data migration; cloud platform construction

1 国内数字图书馆云计算

1.1 相关研究概况

选取中国知网-CNKI的中国学术期刊网络出版总库作为数据来源,进行文献统计。在标准检索下,检索时段不设定,以“篇名”作为“检索项”,以“图书馆”、“云计算”为检索词,匹配模式为精确匹配,共检索到以图书馆云计算为题名的论文373篇(检索时间

是2013年1月24日),分析见表1。发量大幅提高,说明数字图书馆云计算技术已经成为图书、情报领域关注的焦点和热点问题之一。

1.2 相关研究成果

目前国内学者对数字图书馆云计算技术的研究,主要集中在数字图书馆云计算平台构建、云计算中心的负载和网络优化、数字资源安全技术、数字资源存储

收稿日期:2015-09-17

修回日期:2015-12-29

网络出版时间:2016-07-29

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(15YJC870028);辽宁省自然科学基金(2015020009);辽宁省教育科学技术研究一般项目(L2014451);辽宁省哲学社会科学规划基金项目(L15BTQ002)

作者简介:张龙昌(1977-),男,博士,副教授,硕士生导师,CCF会员,研究方向为数字图书馆和云计算。

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160729.1833.020.html

技术、信息检索技术、数字图书馆迁移技术、数字图书馆信息资源整合技术、数字图书馆资源调度技术等方面。

表 1 2009-2013 年国内数字图书馆
云计算技术研究论文年度分布

年份	年发文/篇
2009	11
2010	81
2011	133
2012	147
2013	1

(1) 数字图书馆云平台构建。

为获得图书馆数字化服务系统在开源云计算平台上实现的可行解决方案,学者对基于开源云平台的数字图书馆架构设计进行了研究。王文清等基于 CALIS“十五”成果和三期建设目标,提出了 CALIS 云战略和相应的数字图书馆云服务平台模型,描述了平台的整合机制(包括开放接口和服务整合方式等),给出数字图书馆公有云、私有云和混合云的构建方式,论述该平台需要解决的部分关键问题并介绍其进展情况^[1]。胡新平在分析当前数字文献保障服务模式的基础上,从文献资源云的服务模型、资源组织、商务模型和服务工具等方面阐述了文献资源云平台构建模式,同时对文献资源云平台构建的实施主体、资源来源和版权保护以及 DOI 系统的推广等关键问题作了分析探讨^[2]。张兴旺等提出适用于高校图书馆的中小型云计算中心的规划建设模型,通过对云计算技术的研究,结合数字化信息资源建设的业务特征,构建了基于云计算的数字化信息资源建设体系架构模型、实施方案^[3]。秦晓珠等认为移动云计算为数字图书馆的构建和环境提供了更深层次的可触摸性,为解决传统的移动图书馆计算能力弱、存储能力差等问题提供了无限的可能性;通过分析移动云计算环境下数字图书馆的云服务模式,提出一种基于应用融合的 MaaS(Mobility as a Service)服务模型^[4]。王亚民等对 Hadoop 云环境进行比较深入的研究,介绍云计算的关键技术,设计基于云计算的数字图书馆的框架和一些功能的实现方法^[5]。

(2) 数字资源存储技术。

收集、组织、收藏有价值的信息资源,为广大读者提供免费的信息服务,减小信息鸿沟,构建和谐社会,是图书馆的一项重要职能。江秋菊对目前数字图书馆资源存储中常用的 5 种存储方案进行比较,找出资源存储中现存的主要问题,并在阐述云存储特性的基础上,分析云存储在解决这些问题方面的优势,从技术前提及关键技术、体系结构几方面具体讲述数字图书馆

资源云存储方案,指出云存储在安全方面以及数字版权方面的缺陷^[6]。张艳等阐述图书馆数字资源存储现状,分析云存储给数字图书馆建设带来的好处,提出基于开源云计算 Hadoop 的分布式文件系统 HDFS 与分布式存储系统 HBase 相结合的图书馆资源存储架构,并深入探讨了云存储系统中的关键组件^[7]。马晓亭等为提高云图书馆分布式系统的存储容量、可靠性以及效率,分析了云数字图书馆对云存储的需求,介绍了云存储的技术架构和应用原理,提出一种新的基于云计算的存储策略;该策略可以使存储设施负载均衡,提高系统数据传输性能,解决了云图书馆海量存储需求的问题^[8]。

(3) 数字资源检索技术。

云计算技术将图书馆系统中众多的服务器(计算机)组合成资源群,从而形成一个资源利用率高、运算速度快的图书馆信息检索服务系统,推动图书馆信息检索服务的发展。付永贵针对云计算平台下信息检索的特性,在对经典余弦向量度量法文本检索模型局限性进行分析的基础上,提出按查询索引项在文本不同检索范围设置不同权值计算方法的基于云计算的余弦向量度量法文本检索模型^[9]。韩法旺认为从庞大的信息源筛选出用户所需的信息,尤其是图像信息,就必须对这些信息进行高效地检索;针对传统图像检索算法难以解决海量数据存储、计算及传递等一系列问题,提出基于云计算的图像检索系统^[10]。贺令辉认为在数据资源检索方面,云计算所拥有的超速计算速度优势明显;在云计算概念及图书馆检索服务建设的基础上,对云计算在图书馆资源检索中的应用、实现及关键技术等方面进行探讨^[11]。

(4) 数字图书馆迁移技术。

利用安全、科学的迁移策略,将传统数字图书馆应用服务平台和业务数据安全、高效、快速、低成本地迁移到云计算环境中,在保证云数字阅读服务业务连续性的前提下,实现较低的建设、运营、维护、升级成本和较高的资源利用率与读者服务水平,在数字图书馆云计算平台建设具有重要的现实意义和实际应用价值。马晓亭研究了云计算及在线迁移技术,从动态资源配置角度对迁移的收益进行讨论;利用云的资源动态性、按需分配特点,提出了一种新的数字图书馆动态云迁移策略。该策略可实现传统数字图书馆系统平滑迁移到云计算环境^[12]。

(5) 数字图书馆信息资源整合技术。

云计算能够为图书馆提供强大的计算环境和海量的存储能力,但要想尽可能多地连通网络上的信息资源,实现网络上信息资源的全面共享,还必须屏蔽网络上信息资源的异构性,进行信息资源的整合。王长全

等分析云计算环境下数字图书馆进行信息资源整合的实现机制,即数据仓库整合机制、中介器封装器整合机制和代理整合机制,提出云计算环境下的数字图书馆创新服务模式^[13]。张军玲等认为云计算环境下高校数字图书馆信息资源整合的实现机制主要包括数据仓库整合机制、中介器封装器整合机制和代理整合机制;需要根据整合内容的不同,结合云计算的特点采取相应的整合机制,才能达到预期目标^[14]。

(6) 数字图书馆资源调度技术。

实现云图书馆存储、计算、网络、基础设施、应用进程的智能调度与虚拟化管理技术是云计算环境下数字化图书馆建设的关键问题。陈臣等认为高效的资源交付与调度是云计算环境下数字图书馆建设的关键问题,提出云计算环境下数字图书馆资源交付与调度策略。该策略能够保证云计算资源分配的可靠性,能获得较高的资源利用率并降低能量消耗^[15]。

(7) 数字图书馆云计算中心的负载和网络优化。

面向大规模的文献存储、检索、用户请求,数字图书馆云计算中心的负载均衡是一个必须解决的问题。郜正亚等构建了一个三级层次式云计算网络拓扑架构,提出混合式负载均衡算法进行任务的分配。该方法有效地改善了每个运算节点的任务负担,并可根据任务的特性来选择最合适的运算节点,为图书中心云计算网络拓扑的负载均衡与执行效率提供质量保证^[16]。

(8) 数字资源安全技术。

云计算为数字资源共享带来便利的同时,也带来了各种各样的安全问题。潘辉概述了数字图书馆用户隐私保护的概念、国内外研究现状、数字图书馆建设中产生的隐私问题等,探讨了云计算服务给数字图书馆建设带来的机遇和挑战,进而探讨在云计算环境下数字图书馆用户隐私保护的对策和方法^[17]。陈臣等分析了“云”图书馆面临的安全问题,并根据基础设施“云”平台特点,提出了“云”数字图书馆面向基础设施“云”的安全框架,以及解决“云”数字图书馆安全问题的对策^[18]。张叶红认为数字图书馆云计算安全问题是当前一个突出的问题,需要建立相应数字图书馆云计算安全架构,并制定相应的安全策略;将数字图书馆云计算安全架构分为物理层、核心层、资源架构层、开发平台层、应用层;采取在物理层上建立日志审计、在核心层上建立专用协议栈、在资源架构层上建立信息安全风险评估、在开发与平台层上建立可信云、在应用层上建立操作权限与访问控制等安全策略^[19]。马晓亭等在云存储 OSI 安全模型的基础上,针对云存储系统及其在应用过程中的数据安全问题,提出了一种新的基于云计算环境下图书馆的安全存储策略^[20]。

2 国外数字图书馆云计算

2.1 国外相关研究概况

选取 Thomson Reuters 公司开发的信息检索平台—ISI Web of Knowledge 和美国工程信息公司(Engineering information Inc.)出版的著名工程技术类综合性检索工具—工程索引(Engineering Index, EI)为数据来源,进行文献统计。检索条件设置为 TS(主题) = “library” and TS(主题) = “cloud”;限制条件设置为时间跨度选择所有年份,引文数据库选择 Science Citation Index Expanded (SCI - EXPANDED) - 2003 年至今(2013 年 8 月 1 日)、Social Sciences Citation Index (SSCI) - 2007 年至今(2013 年 8 月 1 日)和 Conference Proceedings Citation Index - Science (CPCI-S) - 2004 年至今(2013 年 8 月 1 日);精炼依据设置为 SU(研究方向) = COMPUTER SCIENCE OR INFORMATION SCIENCE LIBRARY SCIENCE。共检索论文 79 篇,下面对被检索到的论文按年代分布作简要分析,如图 1 和表 2 所示。

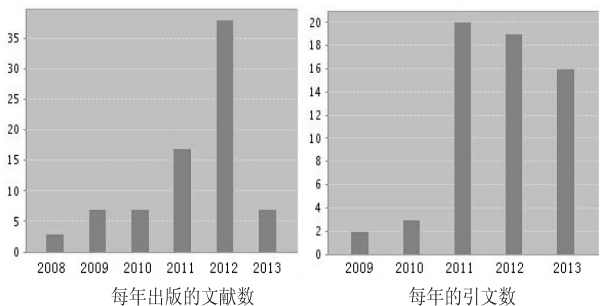


图 1 ISI Web of Knowledge 平台的数字图书馆云计算技术引文报告

表 2 2008-2013 年 ISI Web of Knowledge 平台的数字图书馆云计算技术研究论文年度分布

年份	年发文量/篇	占总发文量百分比/%
2008	3	3.797
2009	7	8.861
2010	7	8.861
2011	17	21.519
2012	38	48.101
2013	9	11.392

Engineering Village 是最权威的工程、应用科学领域文献检索平台,包含 EI Compendex、US Patents(美国专利)和 EP Patents(欧洲专利)三个数据库。检索条件设置为“library in Subject/Title/Abstract and cloud computing in Subject/Title/Abstract”;Limited to 设置为时间 2008-2013(2013 年 8 月 1 日)。共检索论文 319 篇,从图 2 和表 3 可看出发表的研究论文数量总体呈现快速上升趋势,说明数字图书馆云计算技术在国际上也已经成为图书、情报领域关注的焦点和热点问题

之一。

表 3 2008–2013 年 Engineering Village 平台总数字图书馆云计算技术研究论文年度分布

年份	年发文量/篇	占总发文量百分比/%
2008	7	2.194
2009	20	6.270
2010	44	13.793
2011	90	28.213
2012	120	37.618
2013	38	11.912

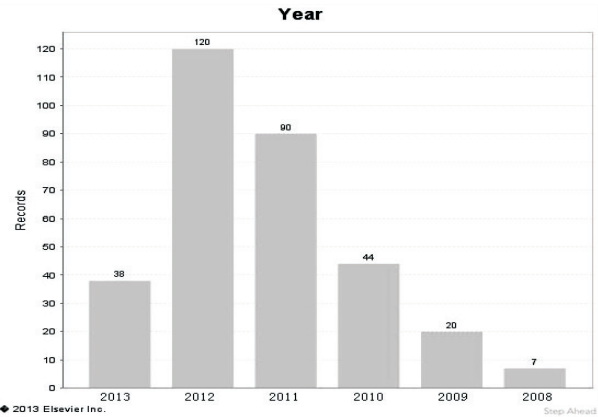


图 2 Engineering Village 平台的数字图书馆云计算技术年出版文献报告

2.2 国外相关研究成果

目前国际学者和研究机构对数字图书馆云计算技术的研究,主要集中在数字图书馆云平台构建、数字图书馆虚拟化技术、数字资源语义技术、数字图书馆迁移技术、数字图书馆中基于云的高性能计算、数字图书馆云服务模式等方面。

1) 数字图书馆云平台构建。

(1)具有 3D 能力的数字图书馆云平台。Web 3D 技术可以在统一的标准下带给用户更为直观、交互性更强的体验。因此,利用 Web 3D 虚拟浏览技术建设数字化图书馆是一个被很多业内专家所看好而在实际应用中还没有一个成熟范例的领域。由于 3D 模型的构建需要消耗大量的时间和资源,一些在线 3D 系统采用库存的方法存储 3D 模型^[21];尤其在数字图书馆建设中,大量 3D 模型的存储、在线检索、展示等问题成为提供数据图书馆用户体验和服务质量的关键问题。文献[21]设计了一套基于亚马逊云计算平台的在线模型库系统。该平台提出 Web 3D 模型库体系结构。展现层是用户的接口,包含 3D 模型显示与交互模块、3D 模型上传和下载模块、3D 模型检索模块;应用层提供业务逻辑处理和数据存储功能,包括 Web 应用服务器和元数据存储数据库服务器,部署在亚马逊 EC2 上;数据层存储 3D 模型文件,部署在亚马逊 S3

上,S3 采用分布式存储方式,具有较高的可靠性和扩展性。

(2)知识共享的数字图书馆云平台。如何通过互联网向每个读者提供所需的知识是当前需要解决的问题,云计算使数据真正地移动起来,用户能够通过互联网访问设备在任何时候都能访问云中的数据和应用,并且能够有效降低数据共享成本。文献[22]基于云计算技术设计出图书馆知识共享系统模型。该模型分为三层,最底层为 CPU 和存储器层;第二层为软件层,包括支持并行计算的操作系统、中间件等;最上层是各种应用,如电子邮件、办公软件等。实现多图书馆知识共享和个性化的读者需求,除了需要建立合理的共享系统模型外,还需要实现各层次的虚拟化,如服务器虚拟化、数据虚拟化、网络虚拟化、软件虚拟化、知识虚拟化等。

2) 数字图书馆虚拟化技术。

传统基于 B/S 架构的数字图书馆系统为用户提供检索服务,必须在每个图书馆都进行部署。如果各图书馆将应用服务器和数据服务器部署到云平台上,将会出现存放相似数字内容的云节点,根据存放内容的相似性计算相似节点集合,再根据用户请求时刻相似节点集合中节点的负载情况,选择负载较轻节点提供服务^[23]。

3) 数字资源语义技术。

多图书馆的数字资源共享,可以有效提高数据资源的存储量,但云平台上的数字资源存储形式取决于加入到云平台上的数字资源提供者,数据格式往往具有异构性,存储的文件形式可能有传统的文档文件、描述某实体的对象文件、元数据文件、导出的模型文件,以及其他复杂的数字实体和关系等。在云平台中,对这些文件的浏览和展示是一个迫切需要解决的问题。文献[24]提出一个基于门户的社区数据云的浏览和展示工具。该工具设计了一个语义资源浏览插件,能够浏览来自云平台中不同资源库的不同格式文件。

4) 数字图书馆迁移技术。

将传统数字图书馆应用服务平台和业务数据安全、高效、快速、低成本地迁移到云计算平台中,并且在保证云数字阅读服务业务连续性的前提下,实现较低的建设、运营、维护、升级成本和较高的资源利用率和高质量的读者服务水平,在数字图书馆云计算平台建设中具有重要的现实意义和实际应用价值。文献[25]探索了 SeerSuite 系统迁移到现有云计算平台上的可行性,研究内容如下:

(1)分析了 SeerSuite 体系结构,包括 Web 应用、抓取和元数据提取服务、系统维护、联合服务、备份和复制等模块;接着分析了 SeerSuite 的部署方案。

(2) SeerSuite 中的模块迁移到云计算平台上需要考虑其优点和缺点,分析了影响上述模块迁移的两个因素:迁移过程需要做的工作和迁移成本。

(3) 以亚马逊的 EC2、EBS 和 Google App Engine 为例,分析 SeerSuite 系统的迁移成本。

(4) 分析组件之间的数据传输关系图,根据传输量在云计算平台中部署相应组件。

(5) 基于对用户行为的研究,60% ~ 80% 的用户是访问或下载缓存库中的数字资源,在该研究背景下提出虚拟化解决方案。

(6) 实验结果表明,CiteSeer^x 系统迁移到云计算平台是可行的,能很好地解决在持续运营过程中数字资源、用户规模的不断增加带来的系统压力。

5) 数字图书馆中基于云的高性能计算。

数字图书馆中的数据分析和文本数据挖掘不能被广泛应用的主要原因是高昂的计算成本。为解决该问题,文献[26]进行了以下研究:

(1) 介绍了数字图书馆中常用的可视化文本分析工具——自组织神经网络(SOM)算法,以及两种较常用的文本数据降维方法——隐式语义索引(Latent Semantic Indexing)和随机索引(Random Indexing)。

(2) 比较分析基于 MapReduce 的 Hadoop、Phoenix ++ 开源框架和基于 MPI 的 MR-MPI 开源框架的性能特点。

(3) 以亚马逊 EC2 为服务器集群,以 MR-MPI 为分布式并行计算平台,分析 SOM 可视化工具在上述两种降维方法中的性能,从而为海量数据分析工具在数字图书馆云计算平台上的应用提供一定的参考。

6) 数字图书馆云服务模式。

当前的用户服务模式主要包括 WWW 服务模式、FTP 服务模式、BBS 和电子邮件服务模式等。在面对资金、人力、物力短缺的问题时,这些用户服务模式已经不能满足数字图书馆建设的需求,甚至已经引起资源的浪费。使用公有云建立多图书馆共用平台,不仅能够节省图书馆资源还能够提高用户满意度^[27]。该平台可提供 5 类服务:统一搜索服务、综合咨询服务、实时访问服务、知识服务、面向大众的数字资源服务。

3 存在的不足和发展趋势

学术界对数字图书馆云计算技术的研究已经取得了一定成果。但该研究仍然处在探索阶段,总体上看,还有若干关键问题需要解决,具体表现在:

1) 三网融合环境区域数字图书馆云计算技术。

三网融合是电信网、广播电视网和互联网融合发展,实现三网互联互通,资源共享,为用户提供话音、数据和广播电视等多种服务。三网融合后,数字图书馆

利用数字电视与移动通信作为平台开展服务,将使数字图书馆终端用户数量大量增加,也让数字图书馆的作用得以充分发挥。同时,用户数增长所带来的巨大商机,也吸引更多社会机构、更多人才、更多资金投入数字图书馆的建设中来,进一步推动数字图书馆的发展。因此,数字图书馆云计算平台的建设需要考虑三网融合环境下数字图书馆的特点:

(1) 服务平台增多并且异构;

(2) 服务用户增多而且趋于个性化;

(3) 三网融合要求图书馆的网络体系功能更加强大。

2) 基于关联数据(或本体)的数字图书馆云计算技术。

关联数据是语义网的主题之一,描述了通过可链接的 URI 方式来发布、分享、连接 Web 中各类资源的方法。大规模存在于云计算平台上的数字资源发现是非常重要的一项技术,关联数据为云计算平台上的数字资源发现服务提供了良好的途径。云计算平台上使用关联数据表示数字资源需要解决下列问题:数字资源描述、数字资源发现、数字资源匹配、数字资源调度、关联数据发布。

3) 数字图书馆云服务评价与聚合技术。

数字图书馆云计算平台上将出现大量提供相同或相近内容的数字资源云服务(尤其基于公有云建立的数字图书馆),需要对数字资源云服务质量进行评价,进而从众多数字资源云服务中选择服务质量最优的云服务,需要考虑下列因素:

(1) 数字图书馆用户所处环境、偏好等上下文信息;

(2) 数字资源云服务质量。

数字图书馆云计算平台用户规模较大、需求差异也较大,单一数字资源云服务不能满足用户需求,需对数字资源云服务进行聚合,满足用户的个性化需求。

4) 数字图书馆云计算平台评价技术。

随着云计算技术的发展,提供云服务的提供商越来越多,对图书馆选择合适的云服务提供商变得更加困难。未来需要建立数字图书馆云平台评价方法。

5) 数字图书馆云计算中心的负载和优化技术。

目前对数字图书馆云计算中心的负载和优化技术研究较少,可以借鉴已有的优化技术,结合数字资源的特点对云计算的网络技术、存储技术、调度技术进行合理的改进与调整,以适应未来的大规模数字资源存储、检索、访问的需求。

4 结束语

选取中国知识网、ISI Web of Knowledge 和 Engi-

neering Village 为检索工具,以近4年国内外数字图书馆云计算技术研究的相关文献为分析对象,概括国内外学者围绕数字图书馆云计算的研究重点和现状,提出数字图书馆云计算技术目前研究存在的不足和未来发展趋势。

参考文献:

- [1] 王文清,陈 凌. CALIS 数字图书馆云服务平台模型[J]. 大学图书馆学报,2009,27(4):13-18.
- [2] 胡新平. 文献资源云平台构建研究[J]. 情报理论与实践,2012,35(4):81-84.
- [3] 张兴旺,李晨晖,秦晓珠. 基于云计算的数字化信息资源建设模型的研究[J]. 情报理论与实践,2011,34(8):100-105.
- [4] 秦晓珠,张兴旺,李晨晖. 移动云计算环境下的数字图书馆云服务模式构建研究[J]. 情报理论与实践,2012,35(5):90-93.
- [5] 王亚民,刘学胜. 基于 Hadoop 平台的数字图书馆研究[J]. 图书情报工作,2011(S2):305-309.
- [6] 江秋菊. 基于云存储的数字图书馆资源存储[J]. 图书馆学刊,2012(2):109-111.
- [7] 张 艳,潘吴斌. 基于云存储的图书馆海量数字资源存储研究与设计[J]. 图书馆学研究,2012(15):31-35.
- [8] 马晓亭,陈 臣. 数字图书馆云存储应用系统研究与实现[J]. 图书馆理论与实践,2012(5):8-13.
- [9] 付永贵. 基于云计算的余弦向量度量法文本检索模型[J]. 情报科学,2012,30(5):736-739.
- [10] 韩法旺. 基于云计算模式的图像检索研究[J]. 情报科学,2011,29(10):1534-1538.
- [11] 贺令辉. 图书馆群资源检索中云计算的应用[J]. 图书馆学刊,2012(9):107-108.
- [12] 马晓亭. 面向云计算的数字图书馆动态迁移关键问题及优化[J]. 高校图书馆工作,2012(6):69-71.
- [13] 王长全,艾 雾. 云计算环境下的数字图书馆信息资源整合与服务模式创新[J]. 图书馆工作与研究,2011(1):48-51.
- [14] 张军玲. 云计算环境下高校数字图书馆信息资源整合机制研究[J]. 图书馆学研究,2012(7):25-28.
- [15] 陈 臣,马晓亭,韩金仓. 云计算环境下数字图书馆动态资源交付与调度策略研究[J]. 情报理论与实践,2012,35(10):81-84.
- [16] 邵正亚,周伟波. 云计算图书中心的负载和网络优化[J]. 杭州电子科技大学学报:社会科学版,2012,8(1):74-78.
- [17] 潘 辉. 数字图书馆用户隐私问题研究及其对云计算服务的启示[J]. 情报理论与实践,2011,34(4):44-47.
- [18] 陈 臣,马晓亭. “云”数字图书馆信息安全与对策研究[J]. 高校图书馆工作,2011,31(5):58-60.
- [19] 张叶红. 数字图书馆云计算安全架构及其管理策略[J]. 图书馆学研究,2010(11):30-34.
- [20] 马晓亭,陈 臣. 基于分布式存储的数字图书馆云存储安全架构研究[J]. 图书馆理论与实践,2012(4):88-91.
- [21] Chen M, Cai W, Ma L. Cloud computing platform for an online model library system[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2013(3):532-546.
- [22] Wang H, Zhao D, Kong J. Library knowledge sharing based on cloud computing[C]//Proc of 2nd international conference on software technology and engineering. [s. l.]:IEEE,2010.
- [23] Gao L, Zhao Y. Application on cloud computing in the future library[C]//Proc of IEEE international conference on cloud computing and intelligence systems. [s. l.]:IEEE,2011:175-177.
- [24] Liu Y, Kotwani K, Rodriguez A, et al. Beyond the document library: portal-based browsing and exploration of community data clouds[C]//Proc of fifth IEEE international conference on science. [s. l.]:IEEE,2009:178-184.
- [25] Teregowda P, Ugaonkar B, Giles C L. Cloud computing: a digital libraries perspective[C]//Proc of IEEE 3rd international conference on cloud computing. [s. l.]:IEEE,2010:115-122.
- [26] Wittek P, Darányi S. Leveraging on high-performance computing and cloud technologies in digital libraries: a case study [C]//Proc of IEEE third international conference on cloud computing technology and science. [s. l.]:IEEE,2011:606-611.
- [27] Feng Xiaona, Bao Lingyun. Application of cloud computing in university library user service model[C]//Proc of 3rd international conference on advanced computer theory and engineering. [s. l.]:IEEE,2010.