



国外数字图书馆系统开源软件研究趋势

郭文丽^{1,2} 李书宁^{1,2} 张晓林²

¹(中国科学院研究生院 北京 100049) ²(中国科学院文献情报中心 北京 100080)

【摘要】 全面介绍国外数字图书馆系统开源软件的研究现状,包括对开源系统软件的扩展与改进、多种开源软件的结合以及开源软件与其他技术的结合。

【关键词】 数字图书馆 数字图书馆软件系统 开源软件 **【分类号】** G250.7

Open Source Software of Digital Library System and Its Development

Guo Wenli^{1,2} Li Shuning^{1,2} Zhang Xiaolin²

¹(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

²(Library of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

【Abstract】 This paper gives a comprehensive description of the open source software of digital library in the a-broad, including the significant improvement and expansion on open source software systems, the integration of multiple open source software systems and the integration of open source software and other technologies.

【Keywords】 Digital library Digital library software system OSS

1 引言

数字图书馆系统开源软件在一定程度上集中反映了当前数字图书馆系统与技术的发展水平,可以为数字图书馆的研究者、实践者和开发者提供一个共同的工作平台,因此受到业界学者的高度重视。目前,国外对系统开源软件的研究已经从最初的仅由一些大学和研究机构进行自由式独立研究的初级阶段,进入到形成开源软件技术联盟进行合作开发的成熟阶段。而我国对数字图书馆开源软件系统的研究工作还很不成熟,只有一些简单的应用。国内发表的相关研究论文大多数是对概念和某些系统的基本介绍,缺乏对数字图书馆系统开源软件的全面综述,尤其是对其发展过程中遇到的关键技术问题和未来发展趋势的深入分析。

借鉴国外的发展经验,有利于促进我国对数字图书馆系统开源软件研究进程。出于这种目的,本文较为全面地论述了国外对数字图书馆系统开源软件的研究过

程,重点分析了其中的关键技术和发展趋势。

2 数字图书馆系统开源软件研究概述

开源软件技术联盟的建立标志着开源软件的研究工作进入到了相对成熟的系统研究阶段。在此之前的研究工作比较零散,相关信息大多发布在开发者的网页上,参考价值不大。目前,具有代表性的系统开源软件如 DSpace^[1]、Fedora^[2]、EPrints^[3]及 Greenstone^[4]等,都已建立了各自的开源联盟。这里以 DSpace 为例,简单介绍一下这些软件的开源联盟发展情况^[5,6]。2004 年 4 月,DSpace 的最初开发者——麻省理工学院图书馆和惠普实验室依据 Apache 基础协议着手建立一种简单的开发框架。他们建立了一个委员会,其成员既包括麻省理工学院和惠普实验室的成员,也包括这两个实验室之外的成员。联盟成员已由最初的 5 人发展到 2005 年的 25 人,有权对 DSpace 源码库进行更改。开源联盟的建立整合了软件研发力量,增强了研发者之间的信息交换速度和协调能力,大大促进了数字图书馆系统开源软件的研究进度。

数字图书馆开源软件种类繁多,每个开源软件各具特色。从开发和应用的角度来讲,尤其重要的是对各主要数字图书馆开源软件的比较分析研究。通过系统的比较分析,人们可以更加清楚地认识到各主要数字图书馆开源软件的特点及其适用的范围,从而合理地选择适合各自图书馆实际需求的开源软件进行开发和扩展。开放社会协会(Open Society Institute, OSI)的研究报告^[7]对 ARNO、DSpace、EPrints、Fedora、MyCoRe、OPUS 等多个开源软件从系统要求、功能、特点等多方面进行了详细的分析比较,并将其整理成表格附在报告后面。研究报告认为: ARNO 为人们提供一种集中管理元数据的系统; CD-Sware 则适用于管理集成了不同类型信息资源的仓储系统; DSpace 能够支持带有机性质质的信息资源处理策略和上传过程,并为上传的数字对象提供了存储功能; EPrints 是一个简明而实用的仓储系统,它的特色是能够容纳大量的用户并可进行动态安装; Fedora 提供了一种功能齐备的大型仓储式数字图书馆系统; MyCoRe 的特点是可以灵活地支持几乎完全不同的数字图书馆和仓储数据库; OPUS 则是专门针对德国用户设计的数字图书馆系统。

在此基础上,新西兰的开放存取仓储计划(Open Access Repositories in New Zealand Project, OARINZ)进一步分析了 DSpace、Fedora、EPrints 的特点,并对这三种系统的使用提出了如下建议^[8]:

(1) Fedora 可作为网络主体解决方案和核心后台

Fedora 灵活的数据对象模型允许多种完全不同的数字仓储共存,并允许其内容聚合。因此, Fedora 具有良好的可扩展性和互操作性,这使它适合于作为机构仓储的基础设施。Fedora 的功能实现是以 API 的形式给出的,没有提供可视化的用户界面,对 Fedora 的定制开发要比另外两个系统困难,但 Fedora 本身无需多少开发工作,开发工作主要集中在用户界面上。可将 Web 服务客户端应用作为用户界面开发的基础。

(2) DSpace 可用于单个机构

总体而言, DSpace 是一个非常优秀的数字图书馆系统。DSpace 的优势在于其互操作性和安全性。但是 DSpace 的可扩展性比 Fedora 差,安装配置又比 EPrints 复杂,因此建议把 DSpace 用于网络内单个机构的数字仓储系统,它可以与基于 Fedora 的核心架构有效地集成在一起。

(3) EPrints 作为自配置解决方案

EPrints 结构简单、安装方便、配置也很容易。虽然它也存在扩展性方面的问题,但只要通过一些简单的修补性的开发工作就可解决。因此它是机构自行建立数字保存系统的最佳选择。由于 EPrints 支持 OAI 协议,机构所建的 EPrints 系统可以与网络上的其他系统方便地进行互操作。

为用户提供持续的支持服务是一个系统开源软件能

够被广泛采纳的基础条件。目前,常用的系统开源软件已经形成了较为完善的应用支持体系。例如,开源软件 DSpace,我们可以从它的权威下载网站 <http://sourceforge.net/projects/dspace/> 上得到该软件的最新版本,还可以从 <http://dspace.org/technology/system-docs/> 以及相关网站得到它的权威技术文档、权威技术 FAQ、参与技术论坛的讨论等,也可了解到它的近 200 个应用范例。Fedora、Greenstone 和 EPrints 也都有类似的应用支持。

此外,在近年来的国际数字图书馆会议中,也有许多文章对数字图书馆系统开源软件进行了较为详细地介绍。DSpace 的最初开发者——麻省理工学院的 MacKenzie Smith 和惠普公司的 Robert Tansley 等人在 2004 年^[5]和 2005 年^[6]的 ECDL(European Conference on Digital Libraries)上连续发表文章介绍 DSpace 的特点、影响和发展历程等。美国 Tufts 大学的 Robert Chavez, Nikolai Schwertner 在 2005 年的 JCDL(Joint Conference on Digital Libraries)上发表文章详述了 Fedora 软件的特点^[9]。美国 Cornell 大学的 Lagoze C, Payette S, Shin E 等人也在 2005 年 12 月的《International Journal of Digital Libraries》上发表文章,详细介绍了 Fedora 的复杂对象以及对象之间的关系^[10]。新西兰 Waikato 大学的 David Bainbridge 和 Ian H. Witten 也连续在 2004 年^[11]和 2005 年^[12]的 JCDL 上发表文章介绍 Greenstone 软件的研究情况。这些介绍性文章都为我们使用系统开源软件提供了很好的支持。

3 对系统开源软件的扩展和改进

尽管常用的数字图书馆系统开源软件具有较好的通用性、开放性和可扩展性,但用户在对这些软件的研究和应用中,也发现了它们的很多不足。因此对数字图书馆系统开源软件进行扩展和改进是非常必要的。这方面的实例很多,英国威尔士大学对 Greenstone 所做的扩展和希腊雅典大学对 Fedora 进行的改善是其中重要的代表。

3.1 英国威尔士大学对 Greenstone 所做的扩展

书目记录功能需求(Functional Requirements for Bibliographic Records, FRBR)是数字图书馆中一种支持丰富的交互方式的框架结构。英国威尔士大学的 George Buchanan 对开源软件 Greenstone 的一个工具箱 GLI(Greenstone Librarian Interface)进行了扩展,实现了一个 GLI/FRBR 模块,可支持在 Greenstone 中使用 FRBR,形成一个统一的目录框架^[13]。目录数据随索引过程及其不确定性而变化,对数字图书馆中的信息改变提供丰富的提示信息,并支持对新增数据的编码。这就为读者和图书馆员的许多工作提供了便利。

在 GII/FRBR 模块的实现中,将作品(Work)、表达方式(Expression)、表现形式(Manifestation)和文献单元(Item)等 FRBR 相关数据存放在独立的仓储中,供不同的数字图书馆利用和共享。该模块使用数字图书馆协议来获取 FRBR 数据以及附加在数字图书馆系统用户接口层的相关数据,从而实现与 FRBR 的交互。

和其它数字图书馆系统一样,Greenstone 把用户界面和底层服务分离开来。Greenstone 的界面建立在动作(Actions)之上,而动作又和底层服务有着密切的联系。FRBR 模块的增加没有改变任何服务的实施,而是在用户接口动作中增加了与 FRBR 的交互工具。为保证用户界面的一致性,FRBR 内容被设计为一个单独的模块;同时,使用运行时宏指令来定义 FRBR 内容,使用标准、静态的 Greenstone 界面宏指令来确定 FRBR 内容在网页上的位置。这样,当 FRBR 内容可以获得时,用户可以充分利用它所带来的便利性;而当 FRBR 内容无法获得时,不会对用户界面产生任何影响。

将已实现的 FRBR 框架进一步扩展后,还可以用来把由开源软件 Greenstone、DSpace 和 Fedora 构成的数字图书馆服务器集成为一个异构网络,从而为用户提供更好的服务。

3.2 希腊雅典大学对 Fedora 进行的改善

希腊雅典大学的 Kostas Saidis 等人选择 Fedora 作为内核设计了自己的数字图书馆系统 Pergamos。在这个系统中,每个收藏对象都用灵活的 Fedora 数据对象来表示,包含了一个拥有收藏描述符和权利元数据的数据流和一个拥有普通数据对象模板的数据流。所有数据流用内嵌的 XML 内容来实现。这样,利用 Fedora 的可扩展性,构成了一个多层次的集成资源管理系统^[14]。他们还设计了一种数字对象原型(Digital Object Prototype, DOP)作为对 Fedora 的补充^[15]。

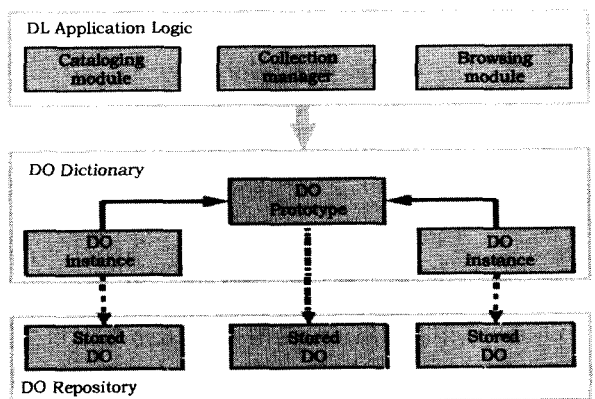


图1 Pergamos 的三层架构^[15]

如图1所示,Pergamos 系统由数字图书馆应用逻辑、数字对象词典和数字对象仓储三个层次构成。数字图书馆应用逻辑层包括目录模块、收藏管理器和浏览模块三个部分。数字对象原型和数字对象实例构成了中间层的数字对象词典。底层的仓储层则由若干 Fedora 数字对象构成。

数字对象原型以 XML 文档的形式定义,由数字对象词典在引导时载入。这些文档所提供的类型规范被转换为 JAVA 形式,纳入数字对象原型的 API 中,为高层服务或应用逻辑所调用。在运行时,数字对象词典从仓储中载入所存储的数字对象并生成被称为“数字对象实例”的 JAVA 形式的收藏品,这些数字对象实例遵循各自数字对象原型定义。高层服务通过数字对象原型的 API 对这些数字对象实例进行操作,而实例中数据的任何改动都在保存对象时存入仓储中。

Fedora 能够有效地处理涉及数字对象存储、索引和检索的底层问题,而 DOP 则提供了一种架构来支持从 DL 应用逻辑的高层上下文的角度对数字对象进行操控,改善了 Fedora 处理数字对象的动态性和精巧性。

4 多种开源软件的结合

由于各种与数字图书馆相关的开源软件各有优缺点,因此在一些数字图书馆的构建中采用了把多种开源软件结合起来使用的方法。下面是两个使用多种开源软件建设数字图书馆的典型实例。

4.1 模块化、易扩展的 TDL 数字图书馆系统

美国 Tufts 大学的数字图书馆(Tufts Digital Library, TDL)^[18]是利用多种开源软件构建了数字图书馆。它以开源系统软件 Fedora 为核心,同时综合利用了其它多种与数字图书馆相关的开源软件。在 TDL 的设计上,通过定义一组逻辑单元及其在数字图书馆中的上下文关系强调了系统的可扩展性。这些逻辑单元之间选择 HTTP/HTTPS 作为通讯协议,从而可以利用互联网来实现各项服务。

图2从服务的角度给出了构成 TDL 体系结构的5个元素:

(1) 投箱和摄取服务(Drop Box and Ingestion Service):这一服务单元提供了把对象上载到 TDL 的管道。可对各类对象进行验证、标注等预处理,并将对象摄入到 TDL 中。

(2) 命名服务(Naming Service):这一服务单元为对象创建唯一的、永久的标识符(Universal Resource Name, URN),同时完成对 URN 的解析。

(3) Fedora 仓储服务(Fedora Repository Service):这一服

务单元提供对已命名数字对象的管理与存取。

(4)索引和检索服务(Indexing and Search Service):这一服务单元对数字对象进行索引并提供检索机制。在这一单元中,使用了开源软件 Lucene 来实现基于全文的搜索、元数据搜索和高级搜索。

(5)应用创建服务(Application Creation Service):这一服务单元提供了外部应用与数字仓储的接口机制。在这一单元的构建上参考了麻省理工学院在开放知识标准(Open Knowledge Initiative, OKI)中提出的数字存储界面,并利用了其相应的开源软件。这使支持 OKI 标准的应用易于存取和管理仓储中的数字对象。

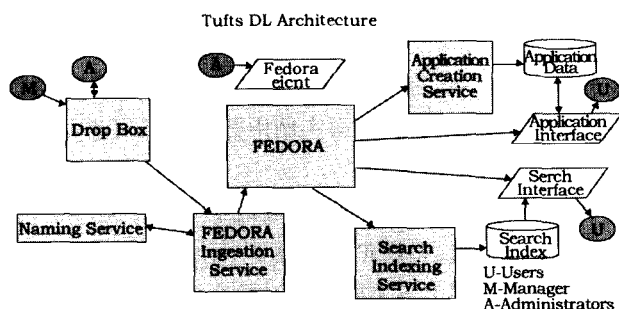


图 2 TDL 体系结构^[18]

TDL 这种利用多种开源软件构建松耦合模块的技术使它具有良好的可扩展性。

4.2 内容丰富的 DAEDALUS 综合性数字图书馆系统

英国格拉斯哥大学的 DAEDALUS 计划^[16]开始于 2002 年 8 月。其目的是建立一个适合于进行开放档案管理的数字图书馆系统,主要用于管理电子硕士及博士论文(Electronic Theses and Dissertations, ETD's)。值得注意的是,该数字图书馆试图建立一个仓储式的论文收集、查询和分发系统,其电子论文来源很广,包括了全英乃至国外的博士论文^[17]。由于所需管理的电子文档的来源、用途、状态及格式等均有所不同,因此对不同内容的电子文档的接受标准也不一样,这给论文管理工作带来了极大的挑战。DAEDALUS 计划处理这一难题的方法是首先将电子文档做如下的种类划分:

- (1)已经发表的或经过了同行评议过的文章;
- (2)“灰色”文献,指不好界定的技术报告和工作总结文章;
- (3)硕士及博士论文;
- (4)行政及事务性文件;
- (5)研究资源查询帮助文件。

然后, DAEDALUS 计划使用 ePrints、DSpace 等多个开源软件来管理不同的数字内容,构成了一个综合性的

数字图书馆。其中, ePrints 主要用来处理已经发表的或经过了同行评议过的文章, DSpace 则被用来管理灰色文献、行政及事务性报告及研究资源查询帮助文件, 硕士及博士论文的管理使用了专用论文管理软件 ETD - db software。

DAEDALUS 计划是一个很好的多种数字图书馆开源软件并行运行的实验系统, 它将为今后在该方面的研究提供实验依据和经验, 值得我们长期关注。

5 系统开源软件与其它技术的结合

数字图书馆系统开源软件与其它技术的结合是最新出现的研究热点, 代表了系统开源软件发展的一个重要方向。目前正在进行的研究包括系统开源软件与网络技术的结合、与语义网技术的结合、与无线通讯技术的结合等。

5.1 系统开源软件与网络技术的结合

随着网络基础技术的日渐成熟, 把网络技术应用于数字图书馆系统开源软件中已成为当前国外数字图书馆研究中的一个热点。California 大学 Berkley 分校和英国 Liverpool 大学合作研制的信息获取与数字图书馆系统 Cheshire3^[19]就是这方面的一个实例。Cheshire3 是一个应用了网络技术的数字图书馆系统开源软件。该软件的最新版本可从其网站上下载使用。

Cheshire3 系统的特点在于它定义并实现了一系列对象^[20], 这些对象具有明确的分工, 使得数字图书馆的操作可以分布在网络中的多个节点上。Cheshire3 的对象模型如图 3 所示。

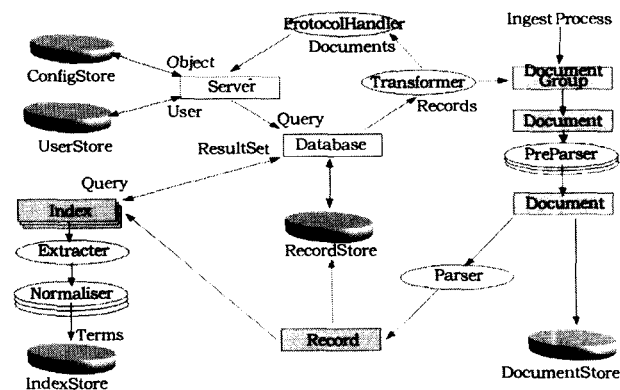


图 3 Cheshire3 的对象模型^[20]

Cheshire3 中的对象可分为两大类: 表示数据和存储的对象(图中用灰色的矩形框表示)以及表示处理的对象(图中用灰色的椭圆形框表示)。除了用户给出的数据和处理得到的结果之外, 其它对象都通过 XML 记录加以配

置。这些记录中包括对象的类型、标识符、参数(或其它允许对象元素完成其功能的必要信息)等。这些配置记录可以和普通记录一样按照统一的方式被存储、获取和操作,可以通过 OAI - PMH 和 SRW/U 之类的信息检索协议进行分发。这就使得 Cheshire3 网格中可以方便地分发配置,并无缝地共享资源。

5.2 系统开源软件与语义网技术的结合

系统开源软件与语义网技术的结合是国外数字图书馆研究中的又一个热点。美国 Cornell 大学的 Carl Lagoze、Dean Krafft 等人在 NSDL 的上下文信息表达中采用了把开源软件 Fedora 与面向 Web 的架构以及语义网技术相结合的方法^[21]。

为了更好地支持 NSDL 与用户的交互,他们实现了 NSDL 数据仓库(NSDL Data Repository, NDR)。NDR 具有现有元数据仓库(Metadata Repository, MR)的元数据收割、存储与分发等全部功能,但它突破了 MR 以元数据为中心的局限,采用以资源为中心的模式,可以表达丰富的语义关系与上下文。

NDR 实现了一种称作信息网络覆盖(Information Network Overlay, INO)的数据抽象。INO 是一种有向网络图,其节点是由多个数据流构成的数据包,通过 URI 来识别。这些数据流的构成采用了诸如 METS (Metadata Encoding and Transmission Standard) 和 DIDL (Digital Item Declaration Language) 之类的复合对象格式,允许创建多种形式表示的数字对象。数据流元素可以是内含数据,也可以是能够通过 URL 从网络上获取的内容。这使节点可以把本地的和分布的内容聚合在一起。

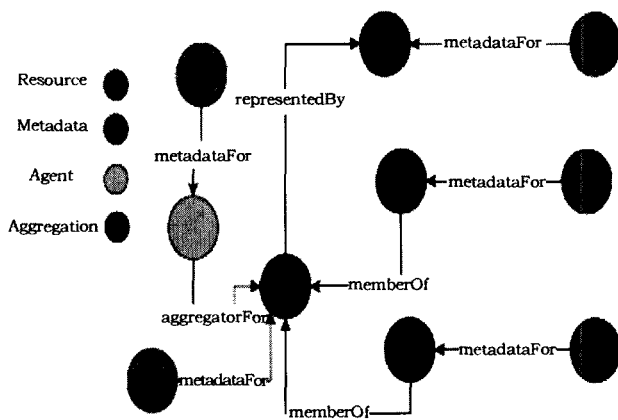


图 4 NDR 中的聚合关系模型^[21]

图 4 描述了 NDR 中利用 INO 实现的聚合关系。NDR 是在 Fedora 数据仓库中实现的,INO 中的每个节点都对应于一个 Fedora 数字对象。节点可以是多种类型的复合对象,边用来表示数字对象之间基于 Ontology 的各种关系。图中标识了“metadataFor”、“memberOf”、“representedBy”、“aggregatorFor”等几种关系。事实上,这种关系可以按照基于 OWL (Web Ontology Language) 的方式扩展。这使得 NDR 可以表达丰富的语义关系,为用户与数字图书馆之间建立交互关系奠定了基础。

5.3 系统开源软件与无线通讯技术的结合

新西兰 Waikato 大学的 Annika Hinze 等人首次提出在无线旅游指南中使用数字图书馆开源软件技术。他们在 TIP (The Tourist Information Provider) 系统与 Greenstone 之间建立了一个桥梁,即 TIP/Greenstone Service,把 TIP 系统的服务通讯层与 Greenstone 联系起来^[22]。

这一集成系统的体系结构如图 5 所示:

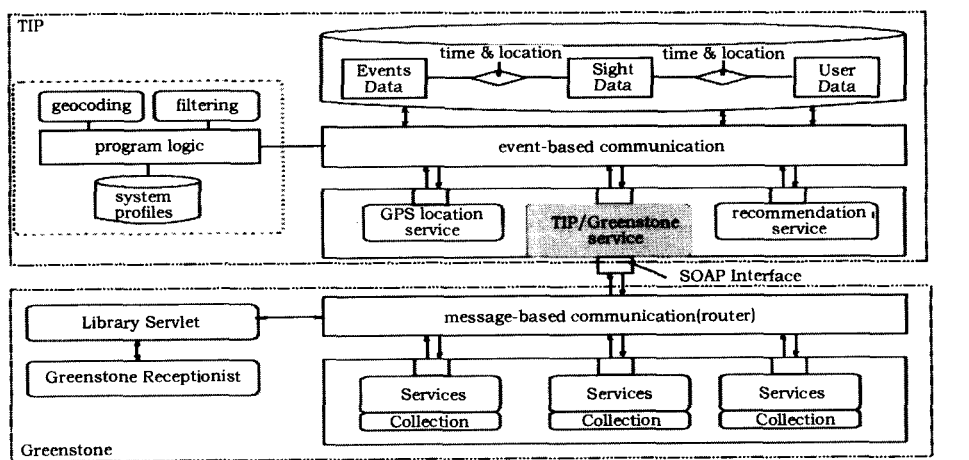


图 5 TIP 与 Greenstone 集成系统的体系结构^[22]

TIP 系统支持 TCP/IP 和 HTTP 协议,而 Greenstone 提供了通过 SOAP 协议与其代理以及第三程序进行通

讯的界面。因此 TIP/Greenstone 之间的桥梁就通过 SOAP 协议来连接 Greenstone 的消息路径,从而访问某一收藏

服务器。例如,为了完成基于位置的搜索,用户的大致信息与位置被转换为XML格式来调用Greenstone收藏的文本检索功能,返回的结果也是XML格式,又被转换为HTML格式来展示给用户。

6 结 语

关于数字图书馆系统开源软件的研究与应用正在成为全球数字图书馆的热点研究方向之一。国外软件源码的开放性为我们提供了对数字图书馆进行深层次开发研究的机会。国内数字图书馆界已充分意识到开源软件在数字图书馆的研究和建设中的重要性,但由于在这方面的研究起步较晚,因此目前还只是局限于对国外开源软件的泛泛介绍与原型系统的简单建立方面。随着我们对系统开源软件了解的不断加深,根据本地需要、借鉴国外经验、积极进行扩展改进、推进多种开源软件的结合以及开源软件与其他技术的结合,将会成为系统开源软件发展的重要趋势,而本文在这些方面提供了初步的范例。

参考文献:

- 1 Dspace. <http://www.dspace.org> (Accessed Dec. 12, 2006)
- 2 Fedora. <http://www.fedora.info> (Accessed Dec. 12, 2006)
- 3 EPrints. <http://www.eprints.org/> (Accessed Dec. 12, 2006)
- 4 Greenstone. <http://www.greenstone.org> (Accessed Dec. 12, 2006)
- 5 MacKenzie Smith, Richard Rodgers, Julie Walker, Robert Tansley. DSpace: A Year in the Life of an Open Source Digital Repository System. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries 8th European Conference (ECDL 2004)*. Heidelberg: Springer, 2004. 38 - 44
- 6 Robert Tansley, MacKenzie Smith, Julie Harford Walker. The DSpace Open Source Digital Asset Management System: Challenges and Opportunities. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries 9th European Conference (ECDL 2005)*. Heidelberg: Springer, 2005. 242 - 253
- 7 Open Society Institute. *A Guide to Institutional Repository Software (3rd Edition)*. http://www.soros.org/openaccess/pdf/OSI_Guide_to_IR_Software_v3.pdf (Accessed Dec. 12, 2006)
- 8 Technical Evaluation of Selected Open Source Repository Solutions On behalf of CPIT (Version 1.3 approved). <http://eduforge.org/docman/view.php/131/1062/Repository%20Evaluation%20Document%20.pdf> (Accessed Dec. 8, 2006)
- 9 Robert Chavez, Nikolai Schwertner. An Approach to Modeling Content for Digital Repositories. In: *Proceedings of the 5th ACM/IEEE - CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2005)*. New York: ACM Press, 2005. 373
- 10 Lagoze C, Payette S, Shin E, et al. Fedora: An Architecture for Complex Objects and Their Relationships. *International Journal of Digital Libraries*, 2006(2): 124 - 138
- 11 Bainbridge D, Witten I H. Greenstone Digital Library Software: Current Research. In: *Proceedings of the 4th ACM/IEEE - CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2004)*. New York: ACM Press, 2004. 416
- 12 Witten I H, Bainbridge D, Reagan W. Moore Building Digital Library Collections with Greenstone. In: *Proceedings of the 5th ACM/IEEE - CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2005)*. New York: ACM Press, 2005. 425
- 13 George Buchanan. FRBR: Enriching and Integrating Digital Libraries. In: *Proceedings of the 6th ACM/IEEE - CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2006)*. New York: ACM Press, 2006. 260 - 269
- 14 George Pyrounakis, Kostas Saidis, Mara Nikolaidou, Irene Lourd. Designing an Integrated Digital Library Framework to Support Multiple Heterogeneous Collections. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries 8th European Conference (ECDL 2004)*. Heidelberg: Springer, 2004. 26 - 37
- 15 Kostas Saidis, George Pyrounakis, Mara Nikolaidou, Alex Delis. Digital Object Prototypes: An Effective Realization of Digital Object Types. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries 10th European Conference (ECDL 2006)*. Heidelberg: Springer, 2006. 123 - 134
- 16 DAEDALUS. <http://www.lib.gla.ac.uk/daedalus/> (Accessed Dec. 8, 2006)
- 17 Nixon W J. DAEDALUS: Facing the Challenges of E - Theses at the University of Glasgow. <https://dspace.gla.ac.uk/bitstream/1905/9/1/daedalusetd2003.pdf> (Accessed Dec. 8, 2006)
- 18 Anoop Kumar, Ranjani Saigal, et al. Architecting an Extensible Digital Repository. In: *Proceedings of the 4th ACM/IEEE - CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2004)*. New York: ACM Press, 2004. 2 - 10
- 19 Cheshire3 Website. <http://www.cheshire3.org/> (Accessed Dec. 8, 2006)
- 20 Larson R R. Grid - Based Digital Libraries: Cheshire3 and Distributed Retrieval. In: *Proceedings of the 5th ACM/IEEE - CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL 2005)*. New York: ACM Press, 2005. 112 - 113
- 21 Carl Lagoze, Dean Krafft, Tim Cornwell, Dean Eckstrom, Susan Jesuroga, Chris Wilper. Representing Contextualized Information in the NSDL. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries 10th European Conference (ECDL 2006)*. Heidelberg: Springer, 2006. 329 - 340
- 22 Annika Hinze, Xin Gao, David Bainbridge. The TIP/Greenstone Bridge: A Service for Mobile Location - Based Access to Digital Libraries. In: *Research and Advanced Technology for Digital Libraries 10th European Conference (ECDL 2006)*. Heidelberg: Springer, 2006. 99 - 110

(作者 E - mail: guowl@mail.las.ac.cn)