

中华博士 园地

这是本刊特为海内外正在就读和学成立业的博士、博士后青年学者们开辟的一片科普园地。深学浅著是一门德识、慧学、素质修养的学问。你们的新知识、新调研、新观察、新目光、新展望,能够用尽可能深入浅出、通俗流畅的语言,汇报给祖国人民、家乡父老子弟乡亲们吗?中华博士园地,乃耕耘忠孝之地,科教兴国、民族昌盛之地。要用慈母听得懂的语言,写出你们的心声!

中图法分类号: G250.76 文章编号: 1006-8961(2001)08-0810-07

数字图书馆

段立娟

(中国科学院计算技术研究所,北京 100080)

刘桂林

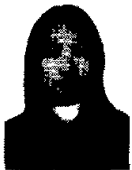
(郑州大学,郑州 450002)

0 概述

1990年,WWW(World Wide Web)出现,并在随后的几年中获得了空前的发展。Internet上的信息量以指数形式飞速增长,信息类型也变得更加丰富,即由单一的文本方式逐步变为以图形、图象、动画、视频等多媒体信息为主的表現方式。现在,Internet已成为一个浩瀚的海量信息源,人们之间的信息交流因此而达到了空前的广泛。由于人们生存在数字化的环境中,因而地理和民族的界限正在缩小,“数字化地球”正从梦想变为现实,但由于Internet是一个具有开放性、动态性和异构性的全

球分布式网络,其资源分布很分散,且没有统一的管理和结构,这就导致了信息获取的困难。如何快速、准确地从浩瀚的信息资源中找到所需的信息已经成为困扰用户的一大难题,因此,需要一种新的方式来管理数字信息资源。美国科学家在20世纪90年代初提出了数字图书馆这一概念。实际上数字图书馆就是一个用于对多媒体海量数字信息进行组织与进行互联网各方面应用问题研究的技术领域。简单地说,数字图书馆就是一个能将多媒体数字化信息的存储管理、查询、发布集成在一起,并使这些信息在网络上传播,以便最大限度地利用这些信息的计算机系统。

数字图书馆是对传统图书馆根本性变革,因为传统图书馆仅是储藏图书资料的仓库,其主要任务是收集、选择、整理图书资料,为读者提供方便的查询服务;而数字图书馆所面对的领域则远远超出了目前传统图书馆的范围,它不仅能够存储包括数字化的图书、音视频信息、数字图象、电影卡通作品、电子出版物、互联网新闻、电子地图等等各种各样的人文与科学数据,还要能提供互联网上基于内容的



段立娟 1973生,现为中国科学院计算机技术研究所博士研究生,主要研究领域为数字图书馆、图象检索、数据挖掘。

多媒体检索(包括对文本、音频、视频、图象、地理、遥感等数据的检索与索引),以便使得合法用户可以通过互联网来利用这些数据。另外,用户也可以用新的媒体工具把多个信息组合在一起,来生成新的媒体内容。由于数字图书馆预示着一一种全新的网络文化的出现,而且它将彻底改变人们在娱乐、教育、获取信息等方面的活动方式,因此,开展数字图书馆的建设和研究有着十分重要的意义。

1 国外研究状况

数字图书馆的建设已经成为当前评价一个国家信息基础水平的重要标志,也是近年来发达国家非常重视的基础性研究项目,如在美国,数字图书馆就是克林顿政府倡导的信息高速公路计划的重要组成部分,并率先在这一领域开始了工程性研究,而且在1994年9月,美国国家科学基金会,美国国防部高级研究计划署和美国国家航空宇航局还共同发起了一项数字图书馆预研工程 DLI (Digital Library Initiative),该工程资助了6个子项目,分别由美国的卡内基梅隆大学、斯坦福大学、加州伯克利大学、依利诺伊大学、密执根大学、加州大学的 Santa Barbara 分校共同承担。下面简单介绍一下这6个研究单位所取得的研究成果^[1]。

(1) 卡内基梅隆大学 (<http://www.informedia.cs.cmu.edu/>)

卡内基梅隆大学承担了“Informedia 的视频数字图书馆”项目,该项目主要研究数字图书馆中如何存储、表示、分类、索引和检索多媒体信息的问题。Informedia 运用了比较成熟的自然语言理解、语音识别、图象理解技术,从而使用户可以非常方便地对 Video 进行查询,甚至是口头的查询。目前该系统存储了1200h 有关新闻方面的 Video 信息,估计每星期增加10h。

(2) 斯坦福大学 (<http://Walrus.Stanford.EDU/diglib/>)

Stanford 大学主要研究 Internet 上异质信息源之间的可互操作性,其目标是建立一种模块化的结构,使得在数字图书馆的建设中,可以插入异构的模块,而不至于为调整某些模块而重写整个系统。他们制定的 Infobus 协议为数字图书馆的运作打下了坚实的基础。目前斯坦福大学在 Infobus 协议的基础上正致力于开发一个具有更好互操作性的叫做

SDLIP 的协议。SDLIP 协议介于客户 (information client) 和数据库服务器代理 (library service proxy) 之间。它的作用是传递服务请求和返回查询结果。SDLIP 可建立在 HTTP 或 CORBA 传输的基础上,在服务器端支持动态的负载平衡,在客户方面则支持瘦客户机。

(3) 加州伯克利大学 (<http://elib.cs.berkeley.edu/>)

加州伯克利大学围绕数字图书馆也研究了许多技术,其目标是方便用户对数字图书馆的访问。为实现这一目标,他们作了一些非常有趣的研究,如研究环境专家和动物学家如何利用信息,在此基础上,他们建立了一些系统,如 CalFlora 是一个关于 California 植物的图片信息库,同时建立了一个 Blobworld 系统,以支持基于颜色和形状等特征的图片检索。另外,他们还还对 WEB 文档的自动分类和检索、文档识别、数据库索引和访问协议、分布式搜索、新的文档模型等进行了广泛的研究。

(4) 加州大学的 Santa Barbara 分校 (<http://alexandria.sdc.ucsb.edu/>)

加州大学的 Santa Barbara 分校主要致力于解决建造有关地质空间多媒体信息的分布式数字图书馆所需面对的一些关键问题,现已建立起相应的试验平台。

(5) 依利诺伊大学 (<http://dli.grainger.uiuc.edu/default.htm>)

依利诺伊大学的目标是开发可用的 WEB 技术,使得能对 Internet 上的技术文档进行高效搜索。为此,依利诺伊建造了一个含有数万篇有关物理、工程、计算机期刊文章的数字图书馆,并开展了文档的索引技术研究。

(6) 密执根大学 (<http://mydl.soe.umich.edu>)

Michigan 大学的目标是利用网络的优点,克服网络固有缺点,同时保留传统图书馆的优点。UMDL (University of Michigan Digital Library) 的核心技术是通过建立代理结构去合并各种分散的资源,进而提供复杂的服务。他们还在资源分配算法、计费算法等几个方面做了研究。他们的平台 (Testbed) 是由一系列软件代理 (Agents) 组成,主要包括用户界面代理 (User Interface Agents)、中间代理 (Mediation Agents)、资源代理 (Collection Agents)。用户界面代理的功能为询问用户需要的内容及内容的广度和深度,这样就使得用户可以指

定自己的兴趣,而且系统还能依此返回给用户一些让用户感兴趣的知识;中间代理的功能是根据从用户界面代理得到的查询命令,合理地安排对网上资源的查询,使得用户可以同时查询到很多家图书馆;资源代理则用于与各地的数据库相连接,它不仅能查询各种包含文字、图象、图形、视频、音频的数据库,还能控制内容的发布和对使用有复制权的资料进行收费。

这些仅是参加美国数字图书馆一期工程的各研究单位的贡献,该一期工程历时4年,于1998年8月底结束,它涵盖了大规模文献库、空间图象库、地理图象库、声源资料库,所取得的成果已引起了世界范围内各国政府和有关社会的关注。加拿大、英国、法国、意大利、荷兰、日本、德国、新加坡也陆续投资研究和建造自己的数字图书馆。

2 国内研究状况

我国从1997年开始跟踪国际“数字图书馆”的研究动态,对数字图书馆系统涉及的技术、管理、运营、法律等问题展开了研究;设立了“中国数字图书馆示范系统”,从而为中国数字图书馆工程的全面实施奠定了良好的基础。如超星数字图书馆(www.SSReader.com),它设立了文学、历史、法律、军事、经济、科学、医药、工程、建筑、交通、计算机和环保等几十个分馆,目前拥有数字图书十多万种^[2]。

中国数字图书馆建设的核心是以中文信息为主的各种信息资源,它将迅速扭转互联网上中文信息匮乏的状况,从而形成中华文化在互联网上的整体优势。通过数字图书馆的建设,将我国悠久的历史、灿烂的文化,特别是当代建设的成就通过互联网向全世界展示,让世界了解中国,让中国走向世界^[3]。

中国数字图书馆工程是跨地区、跨部门、跨行业的宏大系统工程,其本身独特的定位及特点,决定了它必定在各类支撑资源组合的基础上,科学地采用策略联盟的合作方式。数字图书馆联盟将围绕技术研究开发、资源建设以及服务推广来建立联盟体系。各联盟单位之间将实现全面合作,充分交流。比如,各资源单位将积极建设数字资源库,并主动与中国数字图书馆工程实现连接;而从国家图书馆的角度,则应该为图书馆界盟友提供数字图书建设相关的技术培训、免费提供资源加工系统软件、服务器的托管、数字化资源内容的托管、资源内容的查重等多方

面的服务,对各方资源的全面组织、整合加工和择优利用,必将保证网上资源的广度、深度与精度,进而推动中国数字图书馆工程以庞大的规模声势,科学有序地向前推进。目前,已经有70多家单位加入了中国数字图书馆联盟。另外,经国务院批准的国家图书馆控股公司——中国数字图书馆有限责任公司已经于2000年4月18日开业。该公司主要任务是参与中国数字图书馆工程建设;开展相关技术的研究开发与推广;建设高质量的多媒体资源库和提供数字信息资源服务以及发展电子商务等^[3]。

3 数字图书馆中的一些关键技术

数字图书馆的建立,需要多学科多领域专家的合作,其一方面表现在,需要图书馆专业人员的参与,以便分析图书馆业务本身;另一方面,信息的数字化与数字化信息的使用,有许多关键性问题急待解决,因此需要人工智能、图象处理、语音识别等方面专家的参与。具体地讲,在数字图书馆建设中,需要信息的快速数字化、信息的表示、存储及压缩、信息的分类索引与检索、信息的传输与表现、开放的分布式可扩充体系结构、版权保护和信息安全等重要技术^[1]。

3.1 信息的快速数字化技术

当今社会是一个信息爆炸增长的时代,每天的报刊、杂志、图书和电视等各种传媒所传送的信息是海量的,因此如何对所需信息进行快速查阅成为信息时代急需解决的头等大事。对于数字图书馆而言,首要解决的技术就是如何将所有的信息、资料以及重要参考文献的各种信息载体,如文字、声音、视频和图象等快速准确地进行数字化。

目前,在因特网的信息中,90%以上是英文,在整个因特网的信息输入和输出流量中,我国信息仅分别占0.01%和0.05%,这与我国在国际上的地位和影响极不相称,也与中华文明在世界文明中的地位和影响极不相称。造成这种现状的重要原因之一,就是我们没有很好地解决中文信息的数字化问题,从而使得大量的纸介质信息难以保存,传输不便,查阅检索更是困难。这既造成了大量信息资源的闲置与浪费,又无法适应信息社会的竞争需求。我国数字方舟信息技术有限公司已经研制出了媒介数字化加工系统,有效地解决了中文纸介质信息的数字化问题。它采用高速的扫描仪,快速地将媒体信息数据化

(最快 160 页/min), 然后将其压缩打包为 PDF 文件^[1]。

3.2 信息的表示、存储与压缩

数字图书馆中的资料异常丰富, 它包括文字、图象、音频、视频等多种形式, 因而必须合理地确立数据结构, 对原始数据进行适当的分割、抽取, 采用一种比较标准化的描述语言来对信息进行描述, 才能满足用户的检索要求。因此建立一个简单的、并且在网络中能为各个用户团体所接受的标准化元数据元素集, 就成为了数字图书馆发展的迫切需要。目前, 围绕 SGML (Standard for Generalized Markup Language, 通用置标语言标准)、HTML (HyperText Markup Language 超文本置标语言)、XML (eXtensible Markup Language, 可扩展置标语言) 等环境, 已产生了各种元数据规范, 其中较有影响的有 Dublin Core, PICS (The Platform for Internet Content Selection), Web Collections, CDF (Channel Definition Format 频道定义格式), MCF (Meta Content Framework, 元数据内容框架) 以及 RDF (The Resource Description Framework, 资源描述框架)。

为了加强我国公共图书馆文献资源建设, 推动图书馆自动化、网络化和数字图书馆的发展, 文化部科技司已把制订“数字式中文全文文献通用格式”这一行业标准的任务下达给广东省中山图书馆, 目的是为了制定出符合我国国情的数字图书馆元数据标准。为此, 中山图书馆成立了标准研究和起草小组, 经过两年多的研究和试验, 最近已经完成了格式的基本设计和标准初稿。其数字式中文全文文献通用格式是基于 SGML 国际标准和中文全文检索技术而设计的新一代机读格式, 它规定了文本、图象以及多媒体等类型文献元数据的规范和定义, 可用于普通图书、古籍、连续出版物、标准文献、科技报告、学位论文、地图资料、缩微资料、计算机文档等类型文献的元数据处理, 是接数字图书馆对象和网络用户的桥梁和纽带。

用来描述 Internet 数据和资源的数据被称为元数据, 元数据是“关于数据的数据”或“关于信息的信息”, Internet 数据和资源本身则通常被称为对象数据。数字图书馆所面临的对象数据是海量的, 无论是数据库的存储能力, 还是网络带宽的问题都不能接受如此规模的数据, 因此如何保存和管理海量数据是系统设计的核心任务之一。目前数字媒介的主要

存贮方式有光盘、文件服务器和磁盘阵列, 但这些方式都有其局限性。在数字图书馆中, 文本数据量所占比重并不是很大, 而真正数据量大的是多媒体数据, 因此, 对多媒体数据必须进行压缩, 才能妥善保存, 借助于数据库技术对其进行管理, 以提高信息的可用性。如一段“新闻联播”中播音员播报的录像, 如果将其原封不动地保存下来, 则可能要占几百个 G 的空间; 而压缩后, 就可能仅占几 G 的字节, 因此寻求一种具有很好压缩比的方法, 是系统实施的关键。目前, 数字方舟数字图书馆系统在压缩环节上采用了国际领先的压缩技术, 如 JBIG2 (黑白) 和小波变换 (彩色) 技术, 其压缩效果比目前常用的 CCITT G4 和 JPEG 提高了一倍以上^[4]。

3.3 信息的分类、索引与检索

在数字图书馆中, 信息分类和索引是非常重要的, 因为它是检索的基础。如今人们面临的数据类型有文本、图象、音乐、视频, 而不同的内容需要不同的分类体系和索引机制, 如分类图象信息与分类文本信息就有很大的不同, 而且即使是有了分类标准, 如何分类也是一个问题。对于数字图书馆中的信息, 采用人工分类索引方案是不可取的, 其原因一方面是人工分类往往带有很强的个人倾向; 另一方面是庞大的内容信息会造成极大的人力资源费用。自动分类和半自动的分类方法是数字图书馆需研究的关键技术。目前有一些系统可以对文本进行自动分类和索引, 而且已取得了比较满意的结果。对图象数据库和视频数据库的自动分类和索引正在研究之中。对于图象数据库, 首先提取图象的颜色、纹理、形状等特征, 然后利用神经网络或聚类等方法来对图象进行分类, 相应的索引方法包括基于颜色、纹理或形状的索引。相对图象而言, 视频数据的索引更加难一些, 其主要原因是视频流中含有太多的图片帧, 如按 30 帧/s 的帧率计算, 5min 的视频节目便含有 9 000 帧。由于视频流中帧间的内容存在很大的相关性, 因此对每一帧都进行索引将会带来非常高的冗余性, 这样做既无必要, 还会损害视频本身内容的结构性。事实上, 虽然视频数据在形式上是一种完全没有结构性的数据, 但从内容角度上讲, 它仍有着很强的逻辑结构, 而且它还常常通过连续的若干帧来刻画发生在一个特定时空环境下的一个事件、人物、动作, 进而表达一个特定的概念信息, 只是它采用的不是符号文字, 而是一种更生动形象的视听语言。正如人们在对文本进行索引前, 要对它进行分析, 并将它分

解成结构化的节、段落、句子、词组、词一样,在对视频数据进行索引前,也需要对它进行结构化的分析,将它分解成合适的基本构成单位,如镜头、场景、故事单元等。通过对这些体现视频内容结构的逻辑单位进行索引,即可大大地提高信息查找效率及对内容进行更好的管理。

搜索引擎是用户进行检索的主要方式,目前大多数搜索引擎已经实现了全文检索,数字方舟通过把OCR技术与搜索引擎技术相结合,推出了图书网站专用的搜索引擎,实现了基于内容的全文检索。

多媒体检索将是一个发展方向,目前Internet网上的搜索引擎主要是基于文本的检索方式,人们很难在浩如烟海的Internet网络中找到自己所喜欢的图象数据,其原因主要有两方面:(1)计算机视觉还不成熟,尚无法实现图象的自动标注,而靠手工又很难对源源不断增长的所有多媒体信息进行标注;(2)因为在不同场合、不同的人对同一幅图片有不同的理解,所以很难用几个词就把一幅图片代表的所有含义描述出来,而所描述的信息只能反映标注者在某一时刻、某种场合下对该图片的理解^[5~10]。为了克服基于文本检索的诸多缺陷,在数据库、图象处理、模式识别等领域纷纷展开了基于内容的图象检索研究,其研究内容包括图象数据结构、索引技术、相似度度量方法、相关反馈机制等^[5~10]。众所周知,在过去的几十年中对图象数据结构、索引技术、相似度度量方法的研究比较多,并相继推出了一些图象检索系统,如QBIC^[11]、Photobook^[12]、VisualSEEK^[13]、Chabot^[14]等。这些系统存在的一个主要问题是,其检索过程是以计算机为中心,从而使得一些查询结果并不能完全满足用户的要求,究其原因,主要是因为计算机视觉技术还不够完善,人们在日常生活中总是用一些高层次的概念,如“日出”、“日落”,而依靠计算机视觉技术,从图象中自动提取的特征主要还是低层次特征。虽然在特定领域能够比较容易地找到低层次特征和高层次特征的影射关系,如人脸、指纹识别系统,但是在大多数情况下,很难直接得到低层次特征与高层次特征之间的影射关系^[2~7]。由于图象检索系统的最终用户是人,因此从心理学角度来捕获人对图象内容的认知是相当重要的。为了把用户模型嵌入到图象检索系统,最近几年在基于内容的图象检索领域还引入了相关反馈机制^[2~7],如今这种相关反馈机制在文本检索(TIR)中已被广泛应用。它主要是通过一种人机交互机制

使得计算机能够不断了解用户对查询结果的满意程度,并通过逐步学习,把输出调整到符合用户期望的状态。最近几年,美国MIT^[15,16]、美国Illinois大学^[7,8]、荷兰Amsterdam大学^[17]等相继开展了相关反馈在图象检索系统中的应用研究,这些系统可以被分成如下3类:(1)修改查讯矢量或者距离判别标准^[7,8,17];(2)调整图象数据库的分类或类间关系^[10,18];(3)基于贝叶斯理论的方法^[16,19]。

在图象检索方面,我们也进行了深入的研究,并建立了一个系统原型ImageSeek^[20,21]。该系统由库生成子系统和查询子系统构成(如图1所示),其中库生成子系统以离线的方式工作,而查询子系统则提供在线的图象检索功能。

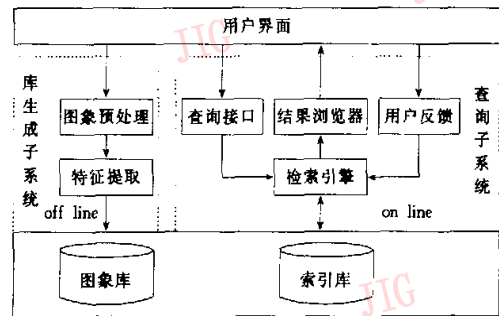


图1 ImageSeek系统结构

库生成子系统的主要功能是进行图象预处理和特征提取。图象预处理包括对入库前的图象进行的一系列处理,如图象压缩格式转换、色彩空间转换、滤波、图象比例调整等。由于基于内容检索是建立在图象视觉特征提取的基础上的,因此特征提取是库生成子系统的核心模块,它主要完成图象视觉特征的提取,包括对图象的颜色、纹理、形状以及一些文本描述特征的提取。

图象查询子系统具有基于内容的检索功能,它由查询接口、结果浏览器、用户反馈、检索引擎4个模块组成。用户可通过查询接口模块进行参数设置,其中包括显示图象的数目、用户感兴趣的图象特征以及一些阈值;检索引擎模块主要用于完成图象的相似性匹配工作,并按照相似度的大小对图象进行排序;相关反馈模块为用户提供了操作,以使用户可以对检索结果进行评判(包括相关、不相关),该模块同时提供一种反馈机制,以使用户的访问兴趣能够嵌入到系统中(如图2所示);结果浏览器主要用来显示查询的结果。

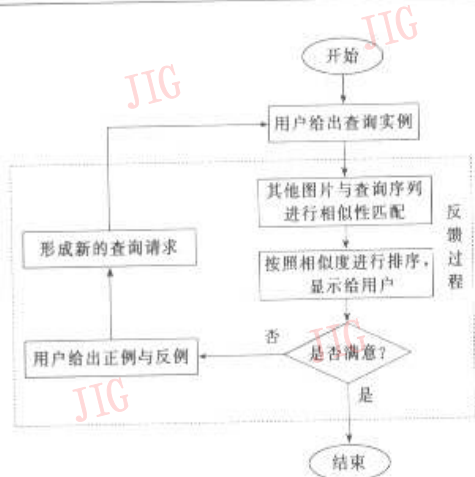


图2 反馈过程框图

ImageSeek 系统支持基于内容的图象检索, 允许用户提供一幅图或一组图作为查询实例, 图 3~图 6 显示了 ImageSeek 系统执行查询的情况, 其中图 3 左上方窗口内显示的是用户给出的查询例子, 左下方显示的是查询结果, 结果比较满意. 图 4 显示的查询结果并不令人满意, 为提高查询精度, 用户可以根据自己的主观愿望指定一些正例和反例, 图 5 给出了反馈过程. 图 6 是反馈后的结果, 显然结果令人满意. 也就是说, ImageSeek 提供了一种人机交互手段, 使用户可以把对过滤结果的满意程度反馈给计算机, 系统根据用户的反馈信息对模型进行调整, 使过滤结果逐步向用户期望的状态发展.

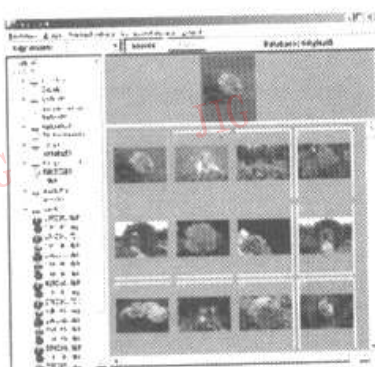


图 3 检索

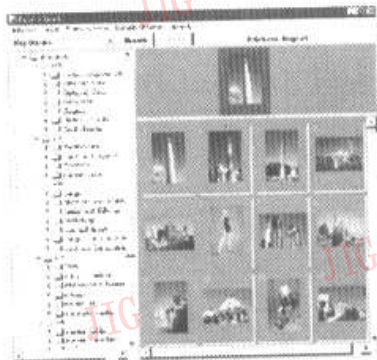


图 4 检索

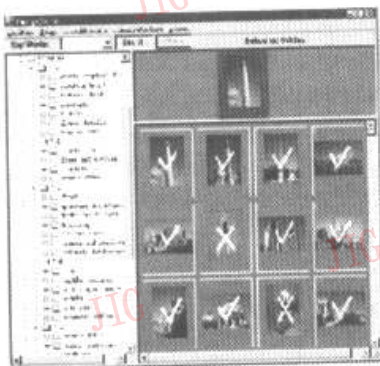


图 5 检索

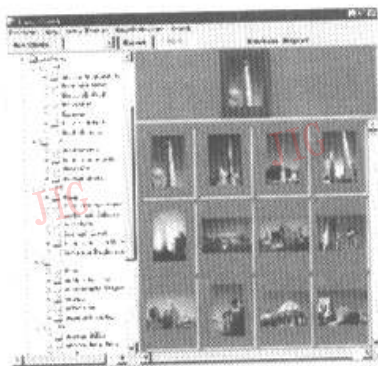


图 6 检索

3.4 信息的传输与表现

目前在 Internet 上传输的信息大多数是文本, 还有少量的图象和声音, 如果各种多媒体信息都放到数字图书馆里面, 那么目前的网络环境就不能满足人们实时播放的需求, 因此必须解决网络带宽问

题, 另外, 交互界面(用户接口)是数字图书馆的重要组成部分, 也是系统展现在用户面前的窗口, 但怎样设计一个友好、直观、方便的用户界面, 并具有人性化、智能化特性, 以便让用户使用时得心应手, 这是一个很重要的问题. 其实, 这不仅是数字图书馆所面

临的挑战,任何系统都有这个问题.虽然目前可充分利用图形和语音,设计出比较好的界面,但仍需要经过与最终用户的不断沟通.

3.5 开放的、分布式、可扩充的体系结构

数字图书馆是一个集成各种数据资源和工具环境的大规模系统,因此系统的开放性是建立数字图书馆的首要条件.所谓开放性应该遵循两个原则:第一,共享性,数字图书馆的读者可以在任何地方任何时间,从网上得到各种服务,并可以查询、预约图书,可以漫游世界,浏览多种信息;第二,统一性,即不论哪种类型的图书馆都必须服从整体协议.所谓分布性是指数字图书馆资源存储和管理的分布性.由于中国数字图书馆具有全国范围跨库、跨地区的性质,且这些图书馆采用不同的操作平台,因此要实现这些数据资源的跨库检索必须采用分布式对象技术,以解决系统的异构性和对象之间的互操作问题.另外,数字图书馆还必须具有良好的可扩充性,具体包括服务项目的可扩充性和服务规模的可扩充性,且这种扩充不会影响数字图书馆本身的一致性和完整性.

3.6 版权保护和信息的安全性

信息安全是数字图书馆发展中需要解决的一个关键性技术问题.目前,人们借助于计算机、数字扫描仪、打印机等电子设备可以方便、迅速地将在数字信息传达到世界各地,并可在国际互联网上发布自己的作品和传递重要的信息,也可进行各种学术交流和电子商务活动.但随之而来的副作用也是非常明显的,如通过网络传输数据文件或作品时,有恶意的个人或团体在没有得到作品所有者的许可下,去拷贝和传播有版权保护的内容.因此如何在网络环境中实施有效的版权保护和信息安全手段已成为一个迫在眉睫的现实问题.

当然数字图书馆涉及的技术是非常广泛的,还有跨语言检索、网络计费等问题,以上所列出的仅仅是一些与多媒体、数据库、人工智能有关的技术.总之,数字图书馆综合了各种学科,集成了当今网络应用发展的前沿技术,因此也面临着许多新的问题,这是一种挑战,也是一个机遇.可以预见,数字图书馆一旦付诸实施,其社会效益和经济效益将是巨大和无可估量的.

参考文献

1 高文,刘峰,黄铁军等.数字图书馆.北京:清华大学出版社.
2 www.ssreader.com

3 www.d-library.com.cn
4 www.digiark.com/tushu/index.html
5 Rui Y, Huang T S, Chang S F. Image retrieval: Past, present, and future. In: Invited paper in Int Symposium on Multimedia Information Processing, Taipei, Taiwan, 1997.
6 Gudivada V N. Content-based image retrieval systems. IEEE Computer, 1995, 28(9): 18~22.
7 Rui Y, Huang T S, Mehrotra S *et al.* Relevance feedback: A power tool for interactive content-based image retrieval. IEEE trans. Circuits and systems for video technology, 1998, 8(5): 644~655.
8 Rui Y, Huang T S. A novel relevance feedback technique in image retrieval. In: Proceedings of ACM Multimedia'99, Oriando, 1999: 67~70.
9 Ishikawa Y, Subramanya R, Faloutsos C. Mindreader: Query databases through multiple examples. In: Proceeding of the 24th VLDB Conference, New York, 1998: 433~438.
10 Lee C, Ma W Y, Zhang H. Information embedding based on user's relevance feedback for image retrieval. Technical report of HP Labs, 1998.
11 Flickner M, Sawhrey H, Niblack W *et al.* Query by image and video content: The QBIC system. IEEE Computer, 1995, 28(9): 23~32.
12 Pentland A P, Picard R, Sclaroff S. Photobook: Content-based manipulation of image databases. International Journal of Computer Vision, 1996, 18(3): 233~254.
13 Smith J, Chang S F. VisualSEEK: A fully automated content-based image query system. In: Proceedings of the Fourth ACM Multimedia Conference, Boston, 1996: 87~98.
14 Ogle V, Stonebraker M. Chabot: Retrieval from a relational database of images. IEEE Computer, 1995, 28: 40~48.
15 Minka T P, Picard R. Interactive learning Using a "Society of Models." Technical report 349, MIT Media Lab, 1995.
16 Vasconcelos N, Lippman A. Bayesian representations and learning mechanisms for content based image retrieval. In: SPIE Storage and Retrieval for Media Databases 2000, San Jose, California, 2000.
17 Gevers T, Smeulders A W M. The PicToSeek WWW image search system. In: IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, Etaly, 1999: 264~269.
18 Wood M E J, Campbell N W, Thomas B T. Iterative refinement by relevance feedback in content-based digital image retrieval. In: ACM Multimedia, Bristol, England, 1998.
19 Cox I J, Miller M L, Omohundro S M *et al.* Pichunter: Bayesian relevance feedback for image retrieval system. In: Intl. Conf. On Pattern Recognition, Vienna, Austria, August 1996: 361~369.
20 Lijuan Duan, Wen Gao, Jiyong Ma. A rich get richer strategy for content-based image retrieval. In: Fourth International Conference On Visual Information Systems, 2-4 November, 2000, Lyon, France.
21 Lijuan Duan, Wen Gao, Jiyong Ma. An adaptive refining approach for content-based image retrieval. In: The First IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia. University of Sydney, Australia. December 13-15, 2000.