

# 基于内容的图像检索系统的设计与实现<sup>\*</sup>)

许营坤 王崇骏 杨育彬 陈世福

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京210093)

**摘 要** 本文描述了基于内容的图像检索系统@IMAGE 的设计和实现。该系统综合运用了多媒体、媒体存储、数据组织和表示方法、图像检索技术等。也介绍了基于图像颜色、形状和纹理的检索算法。给出了@IMAGER 系统结构、实现技术和功能。

**关键词** 图像检索, 基于图像内容的图像检索, 图像数据库, 特征提取

## Design and Implementation of A Content-Based Image Retrieval System

XU Ying-Kun WANG Chong-Jun YANG Yu-Bin CHEN Shi-Fu

(State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093)

**Abstract** This paper describes the design and implementation of a Content-Based Image Retrieval system @IMAGE. The system combines various technologies including multimedia, media storage, data organization, data model and image retrieval technology. Retrieval algorithm based on image colors, shapes and texture is introduced as well. This paper also gives its system architecture, implementation techniques and functions of @IMAGE.

**Keywords** Image retrieval, Content based image retrieval, Image database, Feature extraction

## 1 引言

基于内容的检索(Content Based Image Retrieval 简称 CBIR), 是目前多媒体、信息检索、人工智能、数据库等领域共同关注的一个重要研究领域, 由于传统数据模式难以描述多媒体对象的内容, 也无法精确定义多媒体对象内容的等同性。因此, 利用传统技术很难检索到满足用户要求的多媒体对象。为了解决这个问题, 基于内容的检索通过分析多媒体的语义特征和上、下文联系来对多媒体数据进行查询。主要是将多媒体的内容用其感知特征来表示, 以实现多媒体信息管理和检索。基于内容的检索已成为国内外学者研究的主要热点问题<sup>[1]</sup>, 并已取得了不少的成果, 已经有许多关于基于内容图像检索的原型系统, 最为著名的系统有 IBM Almaden 研究中心开发的 QBIC 系统, 已用于邮票、商标、艺术博物馆等图像数据的管理和检索; 哥伦比亚大学开发的 VisualSEEK 系统, 现已用在电子图书馆等领域; 以及由 Virage 公司开发的 Virage 系统, 它将查询引擎作为一个插件, 它既可以应用到通用的图像查询, 也可以用到特定的领域中<sup>[2]</sup>。

目前随着 Internet 的发展、图形、图像、视频、音频等将成为网上重要的资源, 整个 Internet 网络环境就象一个大型的分布数据库, 而这个数据库是无人管理的, 在这个大型的数据库中寻找感兴趣的一种媒体和材料如大海捞针, 难上加难, 人们在使用这些信息之前, 首先需要对其进行定位, 因此对信息检索工具的依赖日益迫切, 并且规模与复杂性日益加强, 而目前基于网络的检索工具大多采用文本检索方式, 效率低不能适应要求。而目前虽然已经有一些研究系统和商业系统, 但功能和效率不能适应要求, 离真正的实用还有一定的距离。

本文描述的基于内容的检索系统@Image 综合运用了多媒体、媒体存储、组织、数据表示方法、数据以及检索技术等, 研制了有效和可靠的检索算法, 实现了基于颜色、形状和纹理内容的检索功能, 经实验表明其检索算法效率高, 并已应用于肺癌早期细胞病理诊断系统和高速公路路面破损图像智能识

别系统, 其效果很好。

## 2 系统结构

传统的图像检索技术是基于关键字的精确匹配检索, 系统的图像用关键字标识, 检索线索是与标识相匹配的关键字, 即输入为关键字, 输出为图像。目前在 Internet 上, 现有的大多数图像引擎(网站)所采用的都是此种方式, 如 Infoseek 和 Yahoo 的 Imagee Surfer, Lycos 的 Pictures & Sounds 等等。为了克服传统的基于关键字的图像检索技术的缺陷, 本系统将致力于基于内容的图像检索技术的研究, 它是一种基于图像特征的相似性匹配检索, 系统内的图像标识方式是图像特征的属性描述, 检索线索是一目了然的图像示例(或示例特征描述), 输入为图像示例, 输出为所有与示例特征相同或相似的图像<sup>[3,4]</sup>。按相似程度排列后, 供用户选择, 以便把传统图像检索技术中一般用户难以完成的图像特征描述、提取与识别等难题, 交由系统解决。我们设计和完成的@Image 系统是根据上述的目标而进行的。

系统以图像及其对象的颜色、纹理、形状等作为查询的关键特征, 并提供了友好的查询界面和查询算法。

@Image 系统由两个主要子系统构成, 即图像数据库生成子系统和检索子系统, 每个子系统由若干相应的功能模块组成, 系统结构如图1所示, 其各部分功能简述如下:

### 2.1 图像数据库生成子系统

• 对象标识 该模块以交互方式对图像中用户感兴趣的区域进行标识, 以便针对对象来进行特征提取、描述和查询。

• 特征提取 对图像数据提取用户感兴趣的、适合检索要求的特征。特征提取可以是全属性的, 也可以针对用户感兴趣的内容<sup>[3]</sup>。

• 图像特征库 包含颜色、纹理、形状等内容特征。

• 静态图像库 该库存有 Internet 网上下载的用户需要的图像, 或者存有应用领域的各类图像, 主要保存检索的图像集合。

<sup>\*</sup>) 本文得到江苏省应用基础研究的资助(BJ200109)。

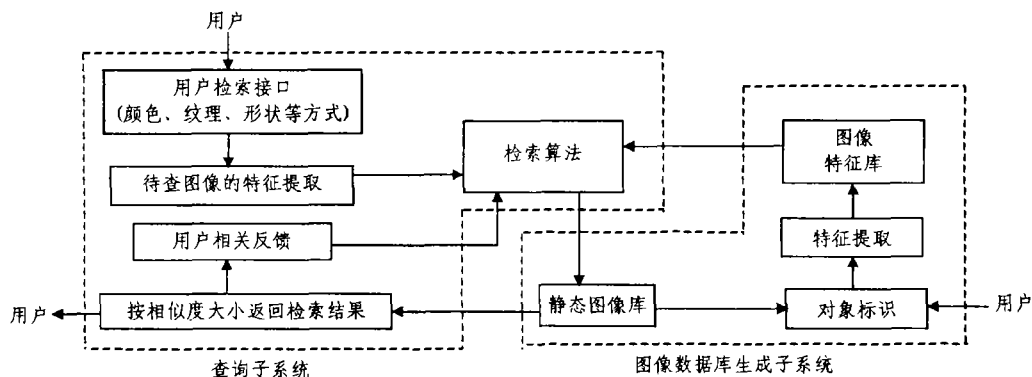


图1 @IMAGE 系统结构图

## 2.2 检索子系统

·检索接口 主要以示例检索和用户自定义查询等方式向用户提供查询接口,系统提供了基于颜色、形状、纹理、文本和多种特征综合的查询方式。

·检索算法 检索是利用特征之间的距离函数来进行相似性匹配,本系统研制了基于颜色、形状和纹理等的检索算法,可以有效地进行图像检索。

·待查图像的特征提取 该模块将提取用户要查找的示例图像的特征或将查询描述为具体的特征矢量。

·用户相关反馈 @IMAGE 系统引入了用户相关反馈的功能,即允许用户对结果图像的好坏进行判定,选择某些认为是期望得到的图像,即用户对检索结果进行评价和标记,将满意度反馈给系统。系统可以根据用户的选择调整检索策略,如此反复,直至得到满意的检索结果。

·检索结果 该模块将相似度大小返回检索结果给用户。

## 3 实现技术

### 3.1 软件模块的实现方法

@IMAGE 系统采用 Java2 平台编程实现,利用 JSP (Java Servlet Page) 和 Java Applet 技术实现基于 Web 浏览器的系统界面。各种特征提取算法和智能检索模块进行单独设计和实现,封装成独立的 JavaBean 由系统的总控模块和用户检索的 JSP 页面统一调度,保持了整个系统设计风格的一致性及平台无关性,系统可以运行于 Windows 平台,也可运行于 Unix 和 Linux 平台,从而使系统具有良好的可扩展性。@IMAGE 系统是一个适用于 Web 平台的基于内容的图像检索系统。

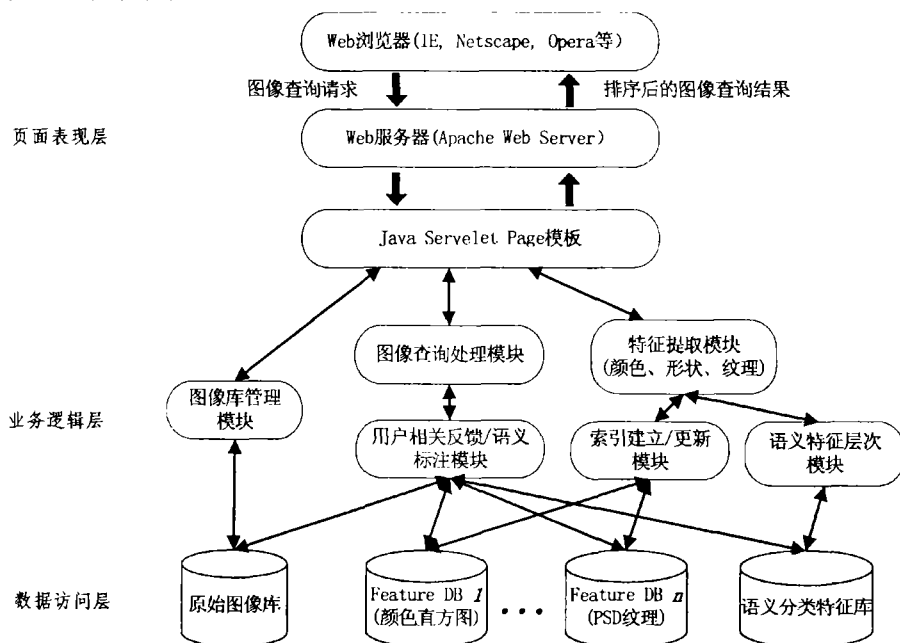


图2 @IMAGE 系统软件实现框架图

@IMAGE 系统软件设计为一个基于“模型—视图—控制”(MVC)模式的三层架构,整个系统划分为页面表现层、业务逻辑层以及数据访问层三个部分,其软件的实现如图2所示。@IMAGE 系统使用 Servlet 作为控制单元,在服务器端负责检索流程的控制;JavaBean 作为业务逻辑单元,负责数据在图像库及其特征库中的存取;JSP 作为页面表现单元,专门负责用户查询接口页面及图像检索结果页面的动态生成及显示。

几个主要模块的实现方法简述如下:

(1) 页面表现层 主要实现 @IMAGE 系统所有的基于 Web 浏览器的用户检索界面。用户通过 Web 浏览器向 Web 服务器发出查询请求,由服务器调用相应的 JSP 页面进行界面的显示、查询请求处理以及查询结果显示、用户相关反馈、关键字标注和查询结果保存等工作。

(2) 业务逻辑模块 @IMAGE 系统的核心部分,实现系统所有关键的算法。主要包括:

① 图像库管理模块:负责新图像入库以及系统对图像库的连接工作,填充图像数据库的各个基本属性值,如:图像ID,创建日期,大小,关键字类别等。

② 图像特征提取模块:对新入库的图像,利用系统的特征提取算法提取图像的多种基本特征,如:颜色,形状,纹理等,在图像基本特征库中生成该图像的特征属性值序列。同时,分别生成对应于这些基本特征属性的索引结构。在此基础上,调用系统的语义特征层次模块,推理出该图像的高层语义特征,在语义分类特征库中生成其对应的特征属性值。

语义分类特征属性值可以分为以下两种:

a. 描述性语义分类关键字,如:风景,日出等。这类属性值一般由用户在图像入库或相关反馈阶段手工添加。在这种属性值间实现的是精确性匹配;

b. 一组图像基本特征的特定组合,用来反映特定的图像语义。

③ 图像查询处理模块:处理用户提交的图像查询请求。模块首先分析用户查询的查询请求,将其转换成查询特征向量后,调用图像相似性匹配算法进行匹配计算。如果待查询图像不是新图像,则直接从图像的基本特征库和语义分类特征库中调出其特征属性值序列,输入系统的图像匹配算法进行计算;否则先调用(2)提取其特征,再进行计算。

④ 用户相关反馈模块:图像相似性匹配算法完成后,需要对用户提交的相关反馈进行处理,调用相关反馈计算模型调整搜索策略,重新进行图像匹配<sup>[5]</sup>。对于相关反馈过程中新学习到或新标注的语义特征,还要写入语义分类特征库中。

(3) 数据访问层模块 主要负责图像基本视觉特征库和语义分类特征库的管理和连接访问操作,并负责其与图像库中对应图像的一致性访问。

MVC 模型的应用使得系统模块分明,逻辑清晰;系统配置灵活,维护方便,便于今后的功能维护和扩充。同时又保证系统具有较高的整体化程度,各个子模块能够协同工作,保证了数据一致性。由于在设计中采用的是 JSP、Servlet 和 JavaBean 这一套纯 Java 的技术,系统几乎无需移植即可以运行在 Unix、Windows、Linux 等一系列主流操作系统之上,具有较强的平台无关性。此外,这种三层架构设计使得图像检索的 Web 应用能够稳定、安全地运行。

### 3.2 检索流程

基于内容的图像检索是根据用户的要求逐步求精的检索过程<sup>[5]</sup>;@IMAGE 系统对用户给出的示例图像进行特征提

取,然后与图像特征库的特征进行相似匹配,查找一组候选的图像,供用户选择,如果不满意用户可给出相关反馈的要求,然后进行调整检索策略,再重新进行匹配查询,如此地缩小查询的范围,直到查询到用户满意的图像。该系统的检索处理流程如下:

(1) 图像查询要求 用户查找一种图像时,首先给出颜色、形状或纹理等的查询特征,系统将提取该示例的特征或把查询描述为具体的特征矢量。

(2) 相似性匹配检索 根据用户输入的图像查询要求,系统调用相应的基于图像颜色、形状、纹理的检索算法或综合检索算法与特征库中的特征进行相似匹配。

(3) 查询的候选图像 将满足一定相似性条件的一组候选图像,按相似度大小排列后,返回给用户。

(4) 用户相关反馈和特征调整 对系统返回的候选图像,用户可以根据要求来挑选,如得不到满意的结果,通过用户相关反馈模块给出反馈的信息,并从候选结果中选择若干示例并作“优”“劣”标记,经过特征调整后,形成一个新的查询,直到得到满意的查询结果。

**结束语** 基于内容的图像检索是图像处理和识别、数据库、模式识别、多媒体和人工智能等领域的技术的综合应用,本文对基于内容的图像检索的关键技术进行了研究,主要包括:图像的特征抽取、图像数据库技术、特征空间和相似性、基于图像颜色、形状和纹理的检索算法以及综合算法<sup>[7]</sup>,并研制成功一个适用于 Web 环境的基于内容的图像检索系统。经大量的实验应用表明,其效果很好。该系统可应用于医学、工业、管理、航空、公安政法、军事和娱乐等领域。

### 参考文献

- 1 李瑜,李磊. 基于内容的图像检索方法研究. 计算机科学,1999,26(8):6~11
- 2 庄越挺,潘云鹤. 基于内容的图像检索综述. 模式识别与人工智能,1999,12(2)
- 3 黄祥林,沈兰孙. 基于内容的图像检索技术研究. 电子学报,2002,30(7)
- 4 Benitez A B, Packs, Chang S E. Object-based Multimedia Content Description Schemes and Application for MPEG-7. Signal Processing: Image Communication, 2000, 16: 235~269
- 5 Huang J, et al. Image indexing Using Color Correlogram. In: Proc. of IEEE Conf. on computer Vision and pattern recognition, 1997
- 6 李国辉,胡峰,等. 基于内容的图像检索. 计算机世界,专题报道,1998
- 7 杨育彬,杭燕,王亮,伍静,陈世福. [基内容的信息智能检索系统技术报告]. 南京大学,2002

(上接第128页)

研究。

数据挖掘中抽样的应用和理论研究,将促进数据挖掘算法的改进,提高数据挖掘在分析大规模数据时的效率,最终推动数据挖掘的大规模实际应用。

### 参考文献

- 1 冯士雍,施锡铨. 抽样调查——理论、方法与实践. 上海科学技术出版社,1996
- 2 Kish L 著,倪加勋 译. 抽样调查. 中国统计出版社,1997
- 3 Olken F, Rotem D. Random sampling from databases: A survey. Statistics and Computing, 1995. 25~42
- 4 Toivonen H. Sampling large databases for association rules. VLDB'96, 1996
- 5 Chen B, Haas P, Scheuermann P. New Two-Phase Sampling Based Algorithm for Discovering Association Rules. SIGKDD'02, 2002
- 6 Megainduction J C. Machine Learning on Very Large Database: [PhD thesis]. School of Computer Science, University of Technology, Sydney, Australia, 1991

- 7 Han Jiawei, Kamber M. 数据挖掘概念与技术. 机械工业出版社, 2001
- 8 Palmer C R, Faloutsos C. Density biased sampling: An improved method for data mining and clustering. In: Proc. of the ACM SIGMOD'2000, 2000
- 9 Kollios G, et al. Efficient Biased Sampling for Approximate Clustering and Outlier Detection in Large Datasets; To Appear in IEEE TKDE Journal, 2002
- 10 Provost F, Jensen D, Oates T. Efficient progressive sampling. In: Proc. of KDD'99, 1999. 23~32
- 11 John G H, Langley P. Static versus dynamic sampling for data mining. In: Proc. of KDD'96, 1996
- 12 Yang Y. Sampling strategies and learning efficiency in text categorization. In: Proc. of the AAAI Spring Symposium on Machine Learning in Information Access, 1996. 88~95
- 13 Furnkranz J. Integrative windowing. Journal of Artificial Intelligence Research, 1998. 129~164
- 14 Harris-Jones C, Haines T L. Sample size and misclassification: Is more always better; Working Paper of American Management Systems Center for Advanced Technologies, 1997
- 15 Baohua GU, Feifang HU, Huan LIU. Sampling and Its Application in Data Mining: A Survey. [Technical report]. 2000