

# 面向对等网信息语义共享的元数据模型框架研究<sup>\*</sup>)

刘震 邓苏 罗雪山 黄宏斌

(国防科技大学信息系统与管理学院 长沙 410073)

**摘要** 对等网系统作为一种新型的信息共享模式,往往缺乏对信息语义管理的支持。本文提出了一种基于对等网的信息资源语义共享系统框架,重点对其一体化元数据描述模型进行了设计,结合本体和对等网的相关特征对分布、异构信息资源的语义和相关管理元素进行了封装,并且从元数据知识库的构建、查询处理和信任机制几个方面介绍了元数据模型的工作机制及关键问题。

**关键词** 对等网,元数据模型,本体,语义

## Research on MetaData Model for Information Semantics Sharing in Peer-to-Peer Networks

LIU Zhen DENG Su LUO Xue Shan HUANG Hong-Bin

(College of Information System and Management, National University of Defense and Technology, Changsha 410073)

**Abstract** Peer-to-Peer systems are a new paradigm for information sharing. It usually does not support information semantics management. In this paper, a semantics sharing architecture for information asset management based on Peer-to-Peer network is presented. It focus on the design of the integrative metadata model. The metadata model combines the features of ontology with the features of Peer-to-Peer networks to encoding semantic information and related management elements. Furthermore, the working mechanism and key problems of metadata model is introduced from the aspects of creating of metadata repository, query processing and trust mechanism.

**Keywords** Peer-to-Peer networks, Metadata model, Ontology, Semantics

## 1 引言

在一些大型企事业团体和虚拟组织环境中,存在着大量的信息资源和应用领域,在地理上具有分布性,组织内的各个单位依据专业知识或任务进行分布,并且管理着一组信息资源集合,不同组织单位有着不同的工作重心和目标,因此会在不同工作领域下对底层的信息资源采用不同概念化描述。从技术角度说,不同的单位可以看成是信息网络中多个相对独立工作的节点,这些节点可以随时地加入和离开网络,而不用关注其他节点的行为状态,具有对等网络(Peer-to-Peer Network)系统管理的特点。所谓对等网在过去几年里已经迅速成为计算机界关注的热门话题之一,《财富》杂志更将 P2P 列为影响 Internet 未来的四项科技之一<sup>[1]</sup>。对等网打破了传统的 Client/Server 模式,对等网络中的每个节点的地位都是对等的。每个节点既充当服务器,为其他节点提供服务,同时也享用其他节点提供的服务。目前 P2P 主要针对文件共享以及 CPU 主频共享等应用,其资源通常具有较大规模,并在很大程度上实现了可伸缩、自组织的管理,如 Gnutella<sup>[2]</sup>, Napster<sup>[3]</sup>, CAN<sup>[4]</sup>, Chord<sup>[4,5]</sup>, Tapestry<sup>[6]</sup> 和 Pastry<sup>[7]</sup> 等。但是,现有的 P2P 系统提供的信息检索能力还比较局限,往往局限于关键字或全局标识匹配的层次上,对面向语义的、多样化的信息资源管理和共享支持还不够,且信息组织采用简单的目录管理方式。

为了提高 P2P 环境下信息资源管理和检索的层次,不仅仅局限于字符串的匹配,元数据在其中扮演着核心的角色。

基于本体的元数据将有效地促进领域知识的共享,能够为用户和应用提供语义查询的能力。在现有的基于本体的信息检索方法中,几乎都假设共享一个集中的全局本体,用来访问信息资源,这样的维护开销比较大。在对等网络环境下,这种假设是不存在的。在对等网络中,每一个节点仅仅维护着本地信息资源的局部领域视图,通过网络中节点的协作来发现、理解和使用领域范围内分布、异构、不断变化的信息资源。

本文针对分布环境下信息管理与共享问题,提出了一种基于对等网的信息资源管理框架,重点对一体化的元数据描述模型进行了设计,其中结合了面向信息资源语义内容的本体描述和面向对等网查询处理的管理元素描述,来提供面向语义的、高效、可靠、一致的信息资源管理和信息查询能力。

## 2 系统总体框架结构及需求

本文提出一种基于对等网的信息资源共享服务平台,系统总体体系结构如图 1 所示。在本系统中,采用对等信息资源 Agent 网络来对组织内的分布异构信息资源进行管理。每一个资源 Agent 依附于组织内一个单位或一个虚拟组织,扮演着信息中介和代理的角色,管理着整体信息资源环境中的一个局部领域视图。系统环境中每个成员可以将所在本地或局域环境内的各类信息源发布到相应的资源 Agent,进入资源 Agent 之前,要基于一体化元数据模型对信息源的语义内容和相应元数据进行描述,描述过程采取人工和自动抽取相结合的方式。这些元数据内容自动地集成到资源 Agent 本地元数据知识库。整个系统平台支持如下职能:

<sup>\*</sup>)国家自然科学基金资助项目(批准号:60172012)。刘震 博士研究生,主要研究领域为信息管理、P2P、智能决策支持技术;邓苏 教授,主要研究领域为信息管理、智能决策支持技术;罗雪山 教授,博士生导师,主要研究方向为指挥自动化、信息体系结构、运筹学。

- 分布的、多类型的、面向语义的信息源管理；
- 内部(本资源 Agent)及外部(邻接资源 Agent)信息源的一体化处理；
- 信息资源的多视图管理；

- 支持元数据级及具体信息实例级的查询应答和网络路由；
- 通过缓存策略支持信息资源在对等网络中的优化分布。

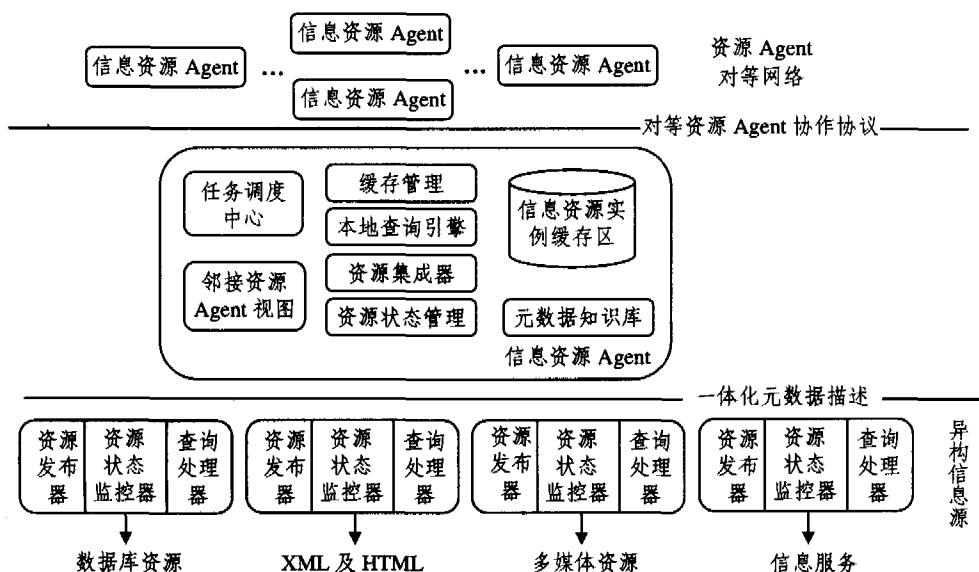


图1 基于对等网的信息资源共享平台体系结构

本文侧重于元数据模型的研究,元数据模型需要有效地反映和支持系统的各项功能需求,其主要目标包括如下几个方面:

- 保证信息资源的全局可视性和可获取性,也就是说,用户或应用可以通过元数据及元数据知识库发现信息资源的存在,并且可以在授权范围内通过虚拟链接或本地缓冲对具体关注信息资源的内容进行访问。
- 保证信息资源的可理解性,也就是用户或具体应用能够从结构和语义上理解信息资源,易于判断和决定数据如何使用来满足特定需求。
- 提供状态管理和信任机制,管理注册信息源状态,使用户能够根据资源的可信度对资源进行分级和筛选。
- 支持互操作性,提供一种多对多的、松耦合的信息交互机制,支持的交互接口可以是预定义的,也可以是预先未知的。元数据在其中起到中介和翻译转换作用。

### 3 元数据模型

本系统的元数据模型 metadata\_model = (N, E, S, OS, Con, OR, rf, Map, CF, IC), 由 10 个部分组成。

- N: 对等网络中的信息 Agent 节点集合;
- E: 信息 Agent 节点间的邻接关系,反映信息节点的覆盖拓扑结构, E(n) 为结点 n 的邻节点集合。
- S: 网络中所有信息资源集合,资源类型包括关系数据库、视频文件、图形图像文件、报告报表文件、web 网页(HTML, XML)、已有的本体声明,以及提供信息的 web 服务等;
- OS: 信息空间中的注册的本体(ontology)集合 {O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, ...}。本体的概念在人工智能和数据集成等领域被广泛提出和应用,对本体的定义在不同应用领域也有所不同。Gruber 指出:“本体是概念化(conceptualization)的一个显式的(explicit)规范说明或表示”<sup>[9]</sup>。本体的目标是捕获相关领域的知识,提供对该领域知识的共同理解,确定该领域内共同认可的词汇和术语,从不同层次的形式化模式给出这些词汇(术语)

和词汇间相互关系的明确定义,通过概念之间的关系来描述概念的语义。应用本体可以很好地解决信息语义异构问题<sup>[10]</sup>。在本系统中考虑资源的分布性,维护一个全局本体不太实际,而且开销太大,故采用复合多本体结构,如图 2 所示。本体的描述结构  $O = (C, A, A_m, R)$ 。

C: 某领域内所有概念(Concept)的集合,这些概念用明确定义的术语来定义一类具有特定域(domain)的对象,包括语义概念 C<sub>s</sub> 和原子概念 C<sub>p</sub>, 原子概念对应具体的物理域。如在一个院校环境中, C<sub>s</sub> = {学院, 系, 教员, 学员, 专业, ...}, C<sub>p</sub> = {整型, 浮点型, 字符串, ...}。

A: 特定概念 c 的属性集合,属性是对特定概念所具有特性的定义。可以用映射  $f: S \rightarrow S$  来描述,其中 S 是一个语义概念集合。如对于概念“学员”, A(学员) = {学号, 性别, 年龄, ...}。

A<sub>m</sub>: 是一类特殊的属性,称为可变量,通过定义转换规则,在不同上下文环境(context)下,可进行变换来适应环境特征。

R: 定义了概念(类)之间的二元关系集合,本系统中主要描述了两种信息语义关系:继承关系 H<sup>inh</sup>、聚合关系 H<sup>agr</sup>、关联关系 R<sup>p</sup>。如 H<sup>inh</sup>(学员, 本科生), H<sup>agr</sup>(学院, 系), R<sup>p</sup>(授课) = (教员, 学员)。

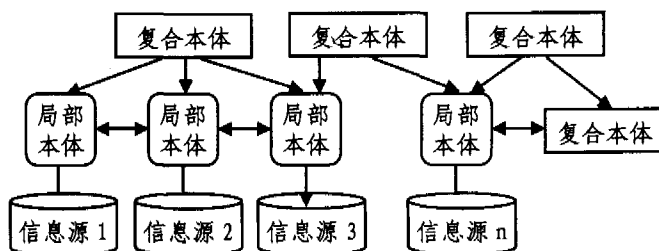


图2 复合多本体结构

利用上面的本体描述结构,可以对各种数据资源的元数据和信息语义内容进行描述。在本系统中,基于上面的本体

描述结构将各类信息资源封装成一个个信息资源实例对象,即相关信息资源的元数据,其中包括两个层次:核心层(Core Layer)和扩展层(Extensional Layer)。核心层是每一个数据源都包含的部分,对数据源的整体特征进行描述,其中包括资源管理信息元素、摘要信息元素、物理特征元素、安全和信任元素,包括强制性元素和可选元素,如表 1 所示。扩展层则是提供面向特定领域的、面向特定任务的元数据元素定义能力,是对核心层的扩展,提供粒度层次更高的信息,提供资源语义内容的描述,将有效地提高信息资源检索的效率和精度。如针对数据库资源的模式语义的描述、多媒体信息语义内容的抽取等。

表 1 核心层元数据主要内容列表

核心层元素分类	主要元素	强制或可选
资源管理信息元素	标题	强制
	标识	强制
	创建者	强制
	发布者	可选
	发布时间	可选
	有效期	可选
	资源类型	强制
	资源来源结点(即定位信息)	强制
摘要信息元素	资源状态	可选
	主题	强制
	资源地理覆盖范围	可选
	关键字	可选
物理特征元素	描述信息	可选
	信息资源媒体格式	强制
	资源质量级别	可选
安全和信任元素	安全等级	强制
	分发控制	强制
	授权信息	强制
	信任度	强制

• Con: 环境量集合, 环境量是对应特定上下文环境(context)的常量标识。在文[11]中, 上下文环境(context)定义为

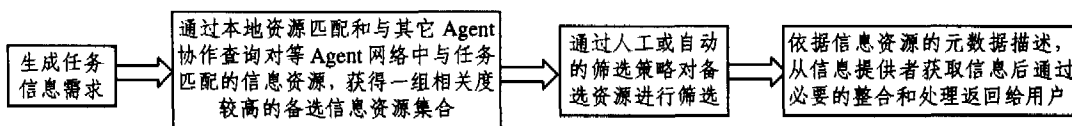


图 3 面向任务的信息资源导航流程

• 元数据知识库的构建

元数据知识库的构建过程包括本体的抽取、元数据集成和本体的融合。

1) 本体抽取和注册过程。在本系统平台下需要对大量异构、多样化的信息资源进行管理, 资源类型包括关系数据库、视频文件、图形图像文件、文件系统、已存在的本体对象、Web 网页(HTML, XML), 以及提供信息的 Web 服务等。为了将这些信息资源有机地融入到本系统的一体化模型中, 需要依据前面介绍的元数据模型对各类信息源中包含元数据和隐含的语义本体知识进行抽取, 这一过程主要采取人工注册或半自动抽取的方式, 针对各种类型信息资源建立相应的 wrapper, 基于元数据模型抽取相关元信息和语义内容, 采用 XML 作为元信息交互模型, 生成相应的资源实例对象。本系统提供了图形化的资源元数据模型封装工具, 如图 4。

“用来解释一种言论、一种心理结构、一组关于世界的设想的前提集合”。

• OR: 是 OS 集中本体之间定义的关系, 以及 Con 中环境量之间关系的集合。不同领域本体之间的关系主要体现为不同本体中概念 C 之间或关系 R 之间的关系, 本系统中定义的关系主要包括等价关系、广义关系、狭义关系、关联关系。环境量之间主要定义了一种等价和层次包含关系。

• Rf: 资源注册函数,  $rf: S \rightarrow N$ , 定义了信息资源与 Agent 节点之间的注册关系。假设每个 Agent 节点至少包含一个注册资源, 因而 rf 为满射。

• Map: 定义了信息源集合 S 与本体集合 OS 之间的映射关系, 是一种多对多的映射关系。即一个信息源可能对应多个本体描述, 也就是对应多种领域视图, 同时一个本体可能关联多个信息源。这种关系实质上体现了本体中的概念和关系的实例化过程, 及信息资源对象生成过程。在本系统中, 采用了静态与动态映射两种方式。静态方式主要是针对一些相对静态、资源规模较小的资源, 采用 (element, value) 的方式来定义相关数据源针对特定本体元素的取值。动态方式主要针对变化较频繁、规模较大的信息资源, 采用链接或松耦合的逻辑规则(Rules)和公理(Axioms)来定义这种关系, 其中需要相应的 mediator 和 wrapper 的支持, 映射方法<sup>[12]</sup>包括 GAV, LAV, GLAV, 本系统将采用 GLAV 的方法。

• CF: 针对本体 O 中的  $A_m$  在不同的环境量下定义的转换函数(Conversion Functions)的集合。

• IC: 针对特定本体 O 和信息源 S 定义的相应完整性约束集合, 包括主键和外键约束、取值范围约束、基数约束等。

4 工作机制及关键问题

为了有效利用上面描述的框架和元数据模型提供基于语义的信息资源的检索和交互, 必须提供有效的方法来构架各个信息资源 Agent 的知识库和访问存储在其中信息的途径。面向查询任务的信息资源导航过程如图 3 所示, 其中涉及的关键问题如下:

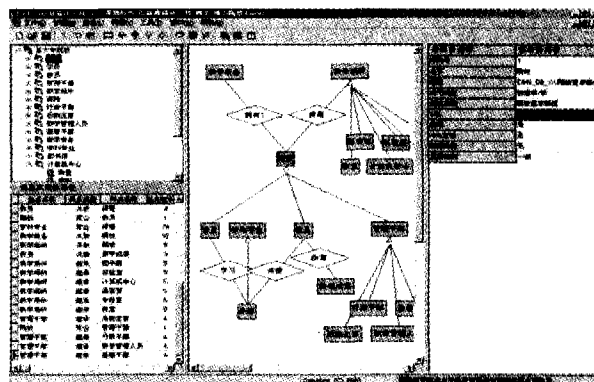


图 4 资源元数据模型封装原型工具

2) 元数据集成。在这一阶段, 主要完成的工作是将从各

信息源抽取的本地知识和相关元信息融入到相应资源 Agent 节点的本地元数据知识库中,也就是将注册上来的资源对象进行有效组织,对其中的核心层元数据和扩展层元数据分别进行提取并索引,同时对本地相关资源对象进行集成处理。

3) 本体的融合。本信息资源共享平台的目标之一就是尽可能地对相关领域的资源提供一个一体化的知识表示。在信息资源 Agent 节点与其他节点的交互和学习过程中,从其他节点加入的资源对象和本地知识库中声明的一些资源对象可能存在相关或冲突的概念。本系统采用相似度量策略对不同本体描述对象的距离进行度量,度量指标包括术语匹配、特征匹配、语义环境匹配和实例匹配,其中关系主要包括等价关系、广义关系、狭义关系。然后通过融合策略将距离近到一定阈值的概念、关系和对象进行合并处理,定义相应的映射规则。

#### • 查询生成、传播及应答

在本基于对等网的信息资源共享平台中一个最为重要的方面就是对用户具体查询的应答能力。查询任务可以通过图形化的本体视图或文本语言的方式来定义。在本系统中,元数据模型采用 XML 作为存储、管理和交互的载体,某院校资源对象如图 5 所示,因而查询语言是通过在 XQuery 语言基础上进行封装的类 XQuery 查询语言。系统提供元数据级和具体信息内容级的查询能力。

```
<? xml version="1.0" encoding="gb2312" standalone="no"?>
<资源对象>
  <核心层>
    <资源管理元素>
      <标题>某院校</标题>
      <标识>kdtest0001</标识>
      <资源来源结点>IP: 10. 129. 100. 120/EIMS_DB_YX</资源来源结点>
      <资源类型>SQL 数据库</资源类型>
      ...
    </资源管理元素>
    <摘要信息元素>
      <信息源描述主题>某院校基本情况</信息源描述主题>
    </摘要信息元素>
    <物理特征元素>...</物理特征元素>
    <安全和信任元素>...</安全和信任元素>
  </核心层>
  <扩展层>
    <概念集>
      <concept id="1">
        <名字>学员</名字>
        <位置>EIMS DB YX/院学员基本情况</位置>
        <单元类型>数据库/表</单元类型>
        <属性集合>...</属性集合>
      </concept>
      <concept id="2">
        <名字>课程</名字>
        <位置>EIMS DB YX/课程</位置>
        <单元类型>数据库/表</单元类型>
        <属性集合>...</属性集合>
      </concept>
      ...
    </概念集>
    <关系集>
      <relation id="5">
        <关系类型>关联</关系类型>
        <concept1>1</concept1>
        <concept1n>学员</concept1n>
        <concept2>2</concept2>
        <concept2n>课程</concept2n>
        <关系名称>学习</关系名称>
      </relation>
      ...
    </关系集>
  </扩展层>
</资源对象>
```

图 5 某院校资源对象的 XML 描述

在对等网环境下,查询处理功能包括本地和远程两部分。本地部分运用本地查询引擎处理查询,远程部分实现查询请

求的传播规则,在本地查询引擎无法通过本地元数据知识库回答查询,或查询请求要求穷举所有满足要求的结果的情况下,查询将依据邻接 Agent 节点知识特征和信任度,对查询进行重写或分解,传递给适当的邻节点。覆盖网络与查询效率有着极大的关联性。依据“Small World”<sup>[13]</sup>特征,通过多 Agent 协作发现映射关系  $onf: OS \rightarrow N$ ,即将语义相关度高的节点聚类起来,从而重组覆盖网络来提高查询的效率和精度。

对于查询结果的应答模式包括直接应答(DR)和路由应答(RR)两种方式。所谓直接应答(DR)就是查询结果找到以后,直接从发现结果的节点传到查询发起的节点。路由应答模式(RR)采取的是沿查询路由逆向传回查询结果。最终所有结点返回结果融合后返回给用户。

#### • 信任机制

每个资源 Agent 节点管理着至少一个信息资源,而这些信息源声明的内容可能不完全,模糊甚至错误,也就是说不是每个节点提供的信息都是完全正确的,一般基于以往的经验来进行判断。在本系统中,核心层元数据中定义了一个“信任度”元素,用来指示相关信息资源的置信度(是区间[0,1]间的值,值越高信任度越高)。信任机制包括以下几个方面的内容:1)信任度初值的赋予。当信息资源进入到系统当中,会赋予一个信任度的初值,这个值往往是一个经验值,除了对于一些不认识的节点发送过来的资源对象往往给予一个较低的值,通常情况下给予一个相对较高的初值,假定资源是可信的。2)信任度的更新。当某一 Agent 节点上信息资源对象得到其他多个 Agent 节点确认(即多个结点包含类似或相同资源对象)时,则该资源在各节点上信任度值可以有所提升,具体值依赖于确认节点中的信任值。同时,各 Agent 节点提供一种老化机制,随着时间的推移,对于访问率较低的资源降低其信任度,对于有效期已到或达到一定时间阈值,信任度较低的资源对象将被删除。3)查询过程中专家节点的选定。当某 Agent 节点接收到查询时,首先通过本地知识库对查询进行回答,回答不了或是穷举查询时,将在邻接 Agent 中寻找与查询主题相关专家节点,即包含与查询主题语义距离较短的资源对象的节点,从中选择信任度高的节点,将查询传递过去。

**结束语** 对等网系统是一种新型分布信息共享模式,已出现了许多成功的系统,主要运用于文件共享以及 CPU 主频共享等应用。然而,现有的对等网系统缺乏对语义共享的支持,往往局限于关键字或全局标识匹配的层次上。本文提出了一种基于对等网的信息资源语义共享平台,并且重点对其元数据模型进行了研究设计,采用一种复合多本体结构,有效地管理对等网环境下的各类信息资源,其中结合了本体和对等网的相关特征来对分布异构信息资源语义内容和面向管理和查询的相关元数据进行了描述,来提供面向语义的、高效、可靠、一致的信息资源管理和信息查询能力。并且从元数据知识库的构建、查询处理和信任机制几个方面说明了系统的工作机制和相关关键问题。这些还属于初步研究工作,下一步还需要从知识融合、基于知识的覆盖网络重构、查询处理和缓存策略几个方面进一步研究和完善。

#### 参 考 文 献

- 1 Li Gong. Peer-to-Peer Networks in Action. IEEE Internet Computing, January/February 2002
- 2 Ripeanu M, Foster I, Iamnitchi A. Mapping the Gnutella network, Properties of large-scale peer-to-peer systems and implications for system design. Internet Computing, 2002, 6 (1): 50~57

(下转第 17 页)

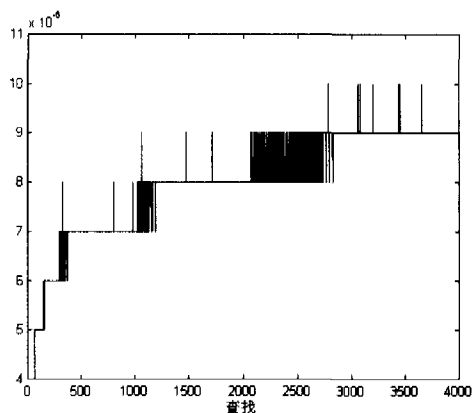


图1 最大分量查找操作耗时

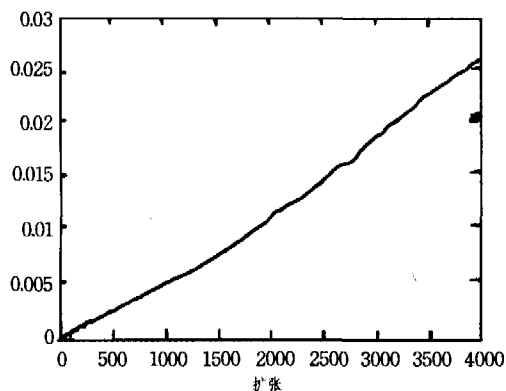


图2 扩张操作耗时

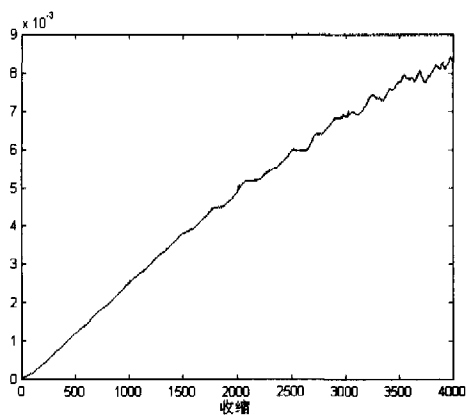


图3 收缩操作耗时

### 结论与研究展望 凝聚式聚类是数据挖掘与模式识别中

一类典型的聚类算法。数据对象间的距离/相似度矩阵的有效组织是算法性能提升的关键。以 CrossAVL 形式存储的矩阵为基础,可以快速完成矩阵收缩、扩张以及最大元素的查找。对规模为  $n \times n$  的矩阵,这三种操作的时间复杂度都是  $O(n \times \log(n))$ 。三种操作的快速实现是凝聚式聚类算法快速实现的基础。

若矩阵采用 CrossAVL 形式组织,矩阵最小元素的查找与最大元素的查找类似,时间复杂度一致。

矩阵的有效存储是正在进行的机会/征兆发现研究中相关算法快速实现的基础。CrossAVL 可以作为基本的数据结构之一。事实上,在数据挖掘技术研究中,如层次式聚类分析技术,CrossAVL 可以用来作为矩阵的有效存储而广泛应用。

致谢 本文受“面向 21 世纪教育振兴行动计划”部分资助。

### 参考文献

- 1 Fayyad U, Uthurusamy U. Data mining and knowledge discovery in databases [J]. Commun. ACM, 1996, 39:24~27
- 2 Mitra S, Pal S K, Mitra P. Data Mining in Soft Computing Framework; A Survey [J]. IEEE Trans. on Neural Networks, 13(1):3~14
- 3 Ohsawa Y, Nara Y. Decision process modeling across internet and real world by double helical model for chance discovery [J]. New Generation Computing, 2003, 21(2):109~121
- 4 Shu B, Kak S. A neural network-based intelligent metasearch engine [J]. Information Sciences, 1999, 120(1):1~11
- 5 ChiaHui, Chang. Enabling Concept-Based Relevance Feedback for Information Retrieval on the WWW [J]. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 1999, 11(4):595~609
- 6 Arwar. Item-Based collaborative filtering recommendation algorithms [A]. In: Proc. of the 10th Intl. World Wide Web Conf. (WWW10) [C], 2001. 285~295
- 7 Jain A, Dubes R C. Algorithms for Clustering Data [M]. Prentice Hall, 1988
- 8 Karypis G, Han E, Kumar V. Chameleon: A hierarchical clustering algorithm using dynamic modeling [J]. IEEE Computer, 1999, 32(8):68~75
- 9 Larsen K S. AVL trees with relaxed balance [J]. Journal of Computer and System Sciences, 2000, 61(3):508~522
- 10 Mehlhorn K, Tsakalidis A. An amortized analysis of insertions into AVL trees [J]. SIAM Journal on Computing, 1986, 15(1): 22~33

(上接第 13 页)

- 3 <http://www.napster.com>
- 4 Stoica I, Morris R, Karger D, et al. Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications. In: Proc. of ACM SIGCOMM 2001
- 5 Stoica I, Morris R, David K D, et al. Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Protocol for Internet Applications. To Appear in IEEE/ACM Transactions on Networking. <http://www.pdos.lcs.mit.edu/chord/papers/paper-ton.pdf>
- 6 Ratnasamy S, Francis P, Handley M. A Scalable Content-Addressable Network. In: Proc. of ACM SIGCOMM, 2001
- 7 Rowstron A, Druschel P. Pastry: Scalable, Distributed Object Location and Routing for Large-scale Peer-to-Peer Systems. In: IFIP/ACM Intl. Conf. on Distributed Systems Platforms (Middleware), Heidelberg, Germany, 2001. 329~350
- 8 Zhao B Y, Kubiatowicz J D, Joseph A D. Tapestry: An infra-

- structure for fault-tolerant wide-area location and routing; [Tech. Rep]. CSD-01-1141, Berkeley, 2001
- 9 Gruber T R. A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2):199~220
- 10 Wache H, Vogele T, Visser U. Ontology-Based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches. In: Proc. of the IJ-CAI-01 Workshop on Ontologies and Information Sharing, Seattle, USA, Aug. 2001. 108~118
- 11 Sperber D, Wilson D. Relevance: Communication and Cognition. Oxford: Basil Blackwell, 1986
- 12 Xu L, Embley D W. Combining the Best of Global-as-View and Local-as-View for Data Integration. Department of Computer Science, Brigham Young University, Provo, Utah 84602, U. S. A
- 13 Iamnitchi A, Ripeanu M, Foster I. Small-World File-Sharing Communities. IEEE INFOCOM, 2004