

文章编号:1671-9352(2008)11-0072-05

一种基于分层 P2P 结构的教育资源网格检索模型

陈坤, 刘方爱, 邢长明

(山东师范大学信息科学与工程学院, 山东 济南 250014)

摘要:基于教育资源网格,讨论了网格的组织结构问题。针对教育资源网格基于层次扩充树结构,提出了一种基于分层 P2P 结构的教育资源网格分布式检索模型(DRM-HP2P),该模型使用 Web Services 技术为资源节点的本地检索进行了封装,使用 P2P 方式进行域内检索,并通过该域内的管理节点向其它管理域转发检索请求,启动多个域内检索,最后将检索结果合并后返回。应用表明,该模型有较高的效率。

关键词:教育资源网格;P2P;Web Services;资源检索

中图分类号:TP393.09 **文献标志码:**A

A retrieval model of an educational resource grid based-on hierarchical P2P

CHEN Kun, LIU Fang-ai, XING Chang-ming

(School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: Based on the educational resource grid, the organizational structure of the grid was discussed. In view of the hierarchical expansion tree structure of the educational resource grid, a distributed retrieval model of an educational resource grid was proposed based-on hierarchical P2P (DRM-HP2P), which can use Web Services technology to encapsulate the local resource retrieval of resource nodes, use the P2P way to carry on the intra-domain retrieval, forward retrieval requests to other domains through management node of this domain, then start several intra-domain retrieval, and finally return the merged results. An application shows that this model has a high efficiency.

Key words: educational resource grid; P2P; Web Services; resource retrieval

0 引言

目前,各地中小学已建立了自己的校园网,并积累了大量的教学资源,但不同学校之间资源很难共享,造成资源的极大浪费。如何实现不同学校、不同地域之间的资源共享,是目前中小学信息化教育迫切需要解决的问题。网格(Grid)作为一种分布式计算平台,将各类计算资源、数据资源通过互联网连接起来,实现较大范围内的资源共享。因此,构建高性能的教育资源网格可以有效地解决教育资源的共享问题。

目前对网格的研究主要集中在计算网格,对数据网格的研究较少。教育资源网格作为数据网格的一种,具有其自身的特点。在教育资源网格环境下,资源分散地存放在不同的教研室和比较小的教学部门中,这些资源的描述和存储方式各有不同,这就使得教育资源网格具有分布性和异构性的特点。网格,从其本质上来讲是一些动态跨组织域的虚拟组织(virtual organization, VO),教育资源网格也是由一些规模不同的 VO(一般是中小学)组成,这些 VO 具有较强的自治性。作为存放资源的主机随时可能会动态地加入或者退出网格系统,因此,教育资源网格又带有自治性和动态性的特点。目前我国教育部门

收稿日期:2008-09-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(90612003);山东自然科学基金资助项目(Y2007G11)

作者简介:陈坤(1984-),男,硕士研究生,主要研究领域为网格计算,互连网络. Email: chenkunmy@126.com

刘方爱(1962-),男,博士,教授,博导,主要研究领域为并行处理,互连网络,网格计算等. Email: liufangai@yahoo.com.cn

邢长明(1983-),男,博士研究生,主要研究领域为网格计算,互连网络. Email: xingchm@tom.com

现行的组织模式(省、市、县、学校、教研室)自然构成了一种层次式结构,为了更加契合目前教育部门的模式,教育资源网格又须具有层次性的特点。在这种环境下,如何实现高效的资源检索是本文研究的主要问题。

P2P 是一种分布式网络的体系结构^[1],它与网格有很多的相似之处:分布性、异构性以及自治性和动态性。文献[2]研究了使用基于 P2P 的结构进行网格环境下的资源发现和检索,这是一种合理的方法。传统的 P2P 网络资源检索研究,根据网络的逻辑结构可分为结构化的 P2P 网络(如 Chord^[3])和非结构化的 P2P 网络(如 KaZaA 和 Gnutella)。结构化的 P2P 网络,在保障资源快速定位的同时,存在较高的拓扑维护代价问题;非结构化的 P2P 网络将节点无序地组织在一起,导致盲目搜索而引起消息泛洪问题。这些结构并不适用于教育资源网格。Super Node(SN) 技术是一种在 P2P 网络使用较多的节点组织方式,它是在原有 P2P 的基础上进行的一种改进^[4]。它将 P2P 网络中的节点进行分组,在一个节点组中存在一个负责管理本组内其它节点的节点,也就是所谓的 Super Node。本组内的节点与其它组的节点进行通信是通过 2 个组的 Super Node 来完成的^[5,6]。这种节点组织方式使得 P2P 网络带有一种层次性,可以很好地适应教育资源网格的特点。本文即在此基础上,研究了教育资源网格中的检索问题,所做的工作主要有以下几点:(1)讨论了教育资源网格的组织结构,提出一种基于分层 P2P 结构的教育资源网格分布式检索模型。(2)研究了存放资源的网格节点本地检索方式的封装。(3)研究了分层 P2P 结构分布式检索的域内检索和域间检索策略。(4)讨论了网格节点的动态更新机制。(5)讨论了网格环境下检索效率优化策略及其缓存机制。(6)对提出的模型进行了算法描述和分析。

1 分层 P2P 结构的分布式检索模型

从逻辑上,网格可以看作是一些不同规模的虚拟组织(VO)的集合,每个 VO 都可能由规模更小的子 VO 构成,因此,每个 VO 都可能是其上层 VO 的子 VO,其下层 VO 的父 VO,这就使得在网格体系中存在一定的层次关系^[7,8]。在教育资源网格中,就是采用这种具有层次关系特点的扩充树结构来组织和管理网格节点的。一个学校即一个 VO,其上层可能根据不同的地域层次隶属于一个中心节点,而在一个学校往往存在一个性能比较好的主服务器来管理

该校的其它网格节点,学校的教学资源则分散地存放在一些小的教学部门和教研室的节点上。为了方便描述,这里对教育资源网格中的不同节点的功能进行定义:

资源节点(RNs):拥有一定量的资源,并且这些资源通过 Web 方式可供授权用户检索和访问的一个网格节点是一个资源节点。资源节点管理本地资源,维护本地资源的目录信息。这种节点一般位于一个较小的教学部门或教室内,存储了一定量该部门的教学资源,作为教育资源网格扩充树结构的叶节点,隶属于一个域内的管理节点。

管理节点(MNs):管理节点往往是指一个学校的中心服务器,负责维护和管理该学校内的资源节点。在教育资源网格的扩充树结构中,管理节点是一个学校的根节点,它和它所管理的资源节点构成了一个学校级的管理域,在这个管理域内的资源检索称为域内检索,而跨越不同管理域的资源检索称为域间检索。管理节点在这个管理域中负责为域间检索提供接口,动态构造域内检索的拓扑结构,维护域内检索的控制协议。

区域中心节点(CN):中心节点负责该区域内的管理节点(代表了一个学校级别的管理域)的加入和退出网格,为审核通过的学校管理节点签发数字证书,提供不同学校之间的身份认证。

以上功能不同的节点共同组成了教育资源网格基于扩充树的体系机构,如图 1 所示。

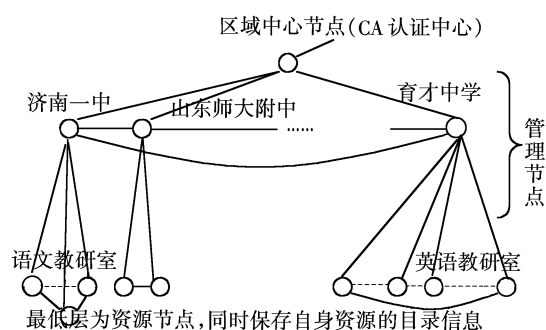


图 1 教育资源网格基于扩充树的体系结构
Fig.1 Architecture of the educational resource grid based on the expansion tree

在这种扩充树的环境中,资源节点的分布广泛,数量众多,而作为教育资源网格的用户来说,它并不关心资源是存储于哪一个资源节点上,所有资源对用户的检索和访问应该是透明,用户登陆任何一台资源节点的时候,这个节点除了要检索自己本地的资源以外,还要作为一个客户端,自动地去连接其它资源节点,发出检索请求,并将检索的结果进行合并和汇总,返回给用户。而传统的资源检索方式很难

适应这种结构的检索要求。因此,教育资源网格的资源检索须是一种适合网格环境的分布式检索。将一次检索请求定义为一个检索项记为 RI , RI 是由检索空间集 RS 、检索条件字符串 RC 和检索结果集 RR 构成的一个三元组^[9],即 $RI = \langle RS, RC, RR \rangle$ 。 RS 可以看作是整个网格环境中的所有资源。 RC 是用户提交的检索字符串。 RR 是一次检索的返回结果集合。适合网格环境的分布式检索模型,即首先将 RS 分发在多个管理域 $RS_1, RS_2, \dots, RS_i, \dots$ 中,得到多个域内检索项 RI_i ,再将管理域 RS_i 的检索进一步分散到该域的资源节点 $RS_{i1}, RS_{i2}, RS_{i3}, \dots, RS_{ij}, \dots$ 中,得到多个本地资源检索项 RI_{ij} 即 $RI = \sum RI_i = \sum_i \langle RS_i, RC, RR_i \rangle RI_i = \sum_j \langle RS_{ij}, RC, RR_{ij} \rangle$,每个本地检索项得到一个结果集 RR_{ij} ,这些结果集利用合并算法合并为一个域内结果集 RR_i ,多个 RR_i 最终得到最后的检索结果 RR 。

根据以上的分析,本文提出一种基于分层 P2P 结构的教育资源网格分布式检索模型(distributed retrieval model based-on hierarchical P2P, DRM-HP2P),该模型使用 Web 服务技术为 RNs 的本地资源检索进行封装,当一个网格节点发起一个检索过程,它会根据本域内的 MN 提供的地址信息使用 P2P 方式进行域内检索。同时将检索命令提交给本域内的 MN 。该域的 MN 接到请求后,向其它 MNs 转发检索请求,启动多个域内检索,然后将检索集合并后返回给检索过程发起的节点。

2 DRM-HP2P 的检索策略分析

2.1 DRM-HP2P 底层资源检索和服务封装

在教育资源网格的结构中,教育资源是分布储存在各个资源节点上,当用户登陆任意一台服务器,提交其检索字符串后,该服务器除在本地进行检索之外,还要将字符串检索命令进行传递和转发,使得所有得到该命令的服务器启动自己的本地检索,将符合检索要求的资源描述信息和地址信息以结果集的形式返回给发起服务器。针对以上问题,本文采用 Web Services 技术定义了一个用来接收其他资源节点返回的检索结果集的接口文件: $IResourceService$,这个接口文件定义了一个远程的抽象方法:

```
public List < ResourceItem > query (String xPath,
String ip);
```

通过这个接口文件生成 Web Services 所需的 WSDL 描述文件,并使远程服务器端实现客户端定

义的接口文件,生成相应的本地检索实现类。这个实现类通过 WSDL 与客户端的接口进行通信,实现了客户端对远程服务器的远程方法调用和结果集的返回。

2.2 DRM-HP2P 的域内检索

在教育资源网格环境下,一个学校,一个管理节点(MN)和若干个资源节点(RNs)共同组成了一个管理域。当一个 RN 启动一个检索过程,它将使用 P2P 的方式与当前域内在线的节点建立连接,发出检索请求,等待检索结果。但在网格环境下,节点往往是动态地加入或离开网格。资源节点往往很难感知到周围网格环境的变化,很难获取当前域内其它资源节点的当前状态。而管理节点通过各种方式,可以较快地对网格拓扑结构的变换做出判断。因此,在一个资源节点上存在一个检索拓扑配置文件,在系统运行时由该域内的 MN 负责动态地改写这个配置文件中的活跃节点信息, RN 读取这个配置文件传递检索消息。

这样,当网格的结构发生变化时,管理节点可以重构当前域的网格结构,改写资源节点的配置文件,使得这个管理节点可以较容易控制管理域内的检索策略。

这个配置文件遵循 XML 格式,其中定义了该节点虚拟的拓扑结构,其中 $\langle url \rangle$ 元素定义了与该节点处于同一层次的资源节点,所有的 $\langle url \rangle$ 元素和该节点构成了一个子域。 $\langle downurl \rangle$ 和 $\langle upurl \rangle$ 定义了该节点可能存在的前继节点和后继节点,用来描述拓扑中可能存在前后继关系的网络。

2.3 域内活跃节点的动态更新机制

在一个管理域内,管理节点管理和控制该域内的资源节点,管理节点为资源节点的检索提供拓扑支持,因此管理节点需要知道该域内的资源节点的永久和动态的信息。资源节点第一次加入时,需要向管理节点进行注册,填写该资源节点的相关信息,管理节点注册请求后,需要审核该资源节点是否符合作为资源节点的基本要求,通过资源节点的服务为资源节点写入相关的配置信息,使其在启动和关闭时能够通知管理节点。

资源节点启动后,通过一个 Web Services 通知管理节点,管理节点保存节点的地址信息,构造本域内的检索拓扑结构,通过服务的方法改写资源节点的拓扑配置文件,实现这个资源节点的加入。

资源节点关机离开这个管理域时,通过调用管理节点的服务可以通知管理节点,管理节点重构网络拓扑,重写其他资源节点的配置文件。如果资源

节点因为断电而偶然退出,在检索过程中存在一种超时异常捕获机制,经过一次检索后发现某资源节点在发出检索请求后反复超时,无法得到检索结果,认为该资源节点已经离线,此时异常捕获机制会通知管理节点,管理节点重构网络拓扑,重写其他资源节点的配置文件,去掉这个意外离线的资源节点。

2.4 DRM-HP2P 的域间检索

以上的配置文件适用于一个管理域内构造检索消息传递的拓扑结构。如果实现跨域检索,需要域与域之间认证后,消息才能传递,这个认证过程是由区域中心节点颁发的数字证书来完成的。在域管理节点上,维护一个 hosts 文件,其中保存了其它持有相同 CA 中心签发的数字证书的管理节点。在进行域间检索的时候,检索命令发起的服务器首先读取本机的配置文件,得到本域内检索的拓扑结构,将消息按照本域的检索拓扑发送给其他资源节点,同时也把消息传递给该资源节点的管理节点。管理节点接到检索请求后,开始读取其 hosts 文件,获取其他域管理节点的 IP 地址,将检索请求发送给其他域管理节点。其他域管理节点接到检索请求后,开始通过配置文件进行域内检索,将本域内检索结果合并后返回检索发起域。检索过程如图 2 所示。

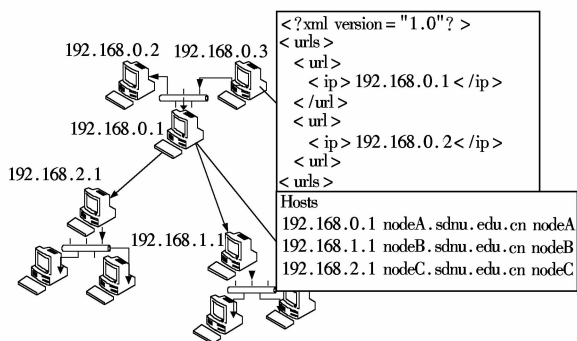


图 2 DRM-HP2P 资源检索过程

Fig. 2 The process of DRM-HP2P resource retrieval

2.5 DRM-HP2P 的缓存策略

用户请求资源的延迟是影响教育资源网格可用性的关键,为了提高资源检索的效率,考虑到资源检索的局部性问题,也就是用户在特定时间内经常请求相同资源的特点,引入缓存机制提高资源检索的速度,降低网络流量的压力。另外,为了保持资源检索的实时性,需要周期性地更新缓存,获取当前资源节点的最新信息,利用相应的超时和更新机制限定缓存的生命周期。根据教育资源网格资源检索过程,本文主要设计了 2 种类型的缓存:本地缓存和本域缓存。

本地缓存,是指该资源节点上保存常见检索字符串的结果集,这个结果集的检索域为整个教育资

源网格,也就是说,在其生命周期内,当用户检索这个字符串时,这个缓存结果集将作为最终的检索结果返回给用户。在每一个 RN 中,都存在着这样一种缓存,同时存在一个缓存记录文档,该文档描述了这台服务器所有检索缓存的字符串名称,缓存更新的时间,以及该字符串的类型信息。当用户提交检索命令之后,教育资源网格首先读取缓存记录文档,检查是否有相应的缓存项的记录。如果没有,将其作为普通的字符串提交给分布式检索引擎进行检索。如果有,读入该缓存项,提取该缓存项的时间信息。如果该缓存最后更新时间与当前时间的差 t 大于规定的超时时间阈值 t_{\max} ,则认定该缓存项超时,将该字符串提交给检索引擎进行检索,当结果集返回合并后,更新本地缓存文件,并更新记录文档中相应的更新时间信息。如果判定本地缓存项没有超时,则直接读入以字符串命名的该缓存项的缓存文件,作为结果集返回给用户。

本域缓存,是指保存了该管理域内关于某个字符关键字的检索结果集。与本地缓存不同,这种缓存只存在于管理节点上,其检索域为该资源管理域。这种缓存同样有一个记录文档,该文档的格式和作用与本地缓存相同。当这个管理域管理节点接到其它域管理节点发出的检索消息时,这个管理节点首先读取记录文档,检查是否有相应的缓存项的记录。如果没有,通过配置文件启动域内检索。如果有,读入该缓存项,提取该缓存项的时间信息。如果该缓存最后更新时间与当前时间的差 t 大于规定的超时时间阈值 t_{\max} ,则认定该缓存项超时,将该字符串提交给域内检索,当结果集返回合并后,更新域缓存文件,并更新记录文档的相应更新时间信息。如果判定缓存项没有超时,则直接读入以字符串命名的该缓存项的缓存文件,作为结果集返回给命令发起域的管理节点。

3 DRM-HP2P 原型系统的算法和实现

基于以上对基于分层 P2P 结构的教育资源网格分布式检索模型的描述,本文开发了 1 个原型系统。原型系统的开发使用 J2EE 平台,系统具体的算法实现如下:

输入:用户检索字符串 reqStr。

输出:包含 reqStr 关键字的资源 Item 项构成的 List 链表。

Search(reqStr) {

List < cacheitem > = ReadCacheFile(); //读入缓存

映射文件,得到缓存项的 list 链表

```

For(int i = 0; i < List < cacheitem > .length; i ++ )
{//遍历缓存项,查看是否有缓存
    If(List < cacheitem > [ i ] . itemname == reqStr) {//
找到匹配的缓存项
        If(ifetimeout( List < cacheitem > [ i ] . time)){//
查看缓存文件是否超时
            List < resourchItem > = getDRM_ HP2P
(reqStr);//超时启动 DRM-HP2P 检索引擎
            WriteCacheItem(List < resourchItem >);//更新
缓存
            Return List < resourchItem > ;}
        Else {//未超时,直接读取缓存结果项
            List < resourchItem > = getCacheItem( List < ca-
cheitem > [ i ] . itemname);
            Return List < resourchItem > ;}}
List < resourchItem > = getDRM_ HP2P(reqStr);//没有
匹配的缓存项,启动 DRM-HP2P 检索引擎
Return List < resourchItem > ;}

```

算法 2: DRM-HP2P 的分布式检索实现算法

```

getDRM_ HP2P(reqStr) {
    List < resourceItem > = getLocalList( reqStr);//得到
本地查询的结果集
    List < RNItem > = getRNItem();//获取本域内资源
节点
    Service srvcModel = new ObjectServiceFactory().create
(IRResourceService. class);//创建服务对象
    XFireProxyFactory factory = new XFireProxyFactory
(XFireFactory. newInstance(). getXFire());
    //使用 XFire 的服务工厂,生成创建实例
    For(int i = 0; i < List < RNItem > .length; i ++ ) {
        String serviceURL = “http://” + List < RNItem >
+ “: 8080/ERGrid/services/ResourceService”;//指定
服务地址
        IRResourceService srvc = (IRResourceService) factory.
create(srvcModel, serviceURL);
        new Thread( List < resourceItem > . add( srvc. ge-
tRemoteList(reqStr)))}
    //调用 web services 将检索命令发送给子域内
邻居节点,并启动一个新线程收集检索结果
    new Thread( List < resourceItem > . add( NMSer-
vice. getFieldList(reqStr))//调用管理节点 web ser-
vices,启动域间检索
    Return List < resourceItem > ;}

```

算法 3: DRM-HP2P 的域间检索实现算法

```

getFieldList(reqStr) {
    List < NMItem > = getNMItem();//获取其它管理节
点地址
    Service srvcModel = new ObjectServiceFactory().create
(IRResourceService. class);
    XFireProxyFactory factory = new XFireProxyFactory
(XFireFactory. newInstance(). getXFire());
    For(int i = 0; i < List < NMItem > .length; i ++ ) {
        String serviceURL = “http://” + List < NMItem >
+ “: 8080/ERGrid/services/FieldService”;
        FieldService srvc = (IFieldService) factory. create
(srvcModel, serviceURL);
        new Thread( List < resourceItem > . add( srvc. ge-
tFieldList(reqStr)))}
    //调用 web services 将检索命令发送给其它管理
节点,并启动一个新线程收集其它域检索结果
Return List < resourceItem > ;}

```

根据以上的算法描述,可以看出,只要教育资源网格存在符合要求的在线资源,就一定能够检索到该资源,因此,该算法是稳定的。进一步分析算法的检索效率和通信效率,上述算法的检索消息传递类似于动态生成树,检索过程被分配到不同的 VO 中,使得整个检索空间被分成若干个子空间。而且这些子空间可以在下一层递归地进行进一步的空间分割。这使得检索消息在网格中逐层在一个较小的范围内广播,网络中传播的消息数量远小于传统的 P2P 广播方法,减小了消息复杂度,提高了检索的通信效率。

关于算法的可扩展性,对于层次的分割可以并不局限于本文主要所描述的两层结构。随着网格的不断扩大,可以利用进一步分层的方式来解决,使得整个教育资源网格由不同层次、不同规模的 VO 构成。一个新 VO 的加入只需要在该虚拟组织内部设立一个管理节点,然后将这个管理节点挂载在其上层 VO 上即可。因此,该算法具有较好地可扩展性。

层次性的特点也使得不同层次的 VO 可以自主地管理自己的资源,单个 VO 瘫痪或受到攻击也不会影响到其他的 VO,提高了教育资源网格的安全性和稳定性。

4 总结和进一步的工作

本文首先分析了教育资源网格的体系结构和节点功能,为了解决教育资源网格中多节点资源的分布式检索和发现,针对教育资源网格(下转第 96 页)

(上接第76页) 层次性特点的扩充树结构,提出了一种基于分层 P2P 结构的教育资源网格分布式检索模型 DRM-HP2P,分析了该模型的域内检索、域间检索以及缓存优化策略,开发了该模型的原型系统,给出了系统实现的具体算法,并对算法进行了简单地分析。通过应用表明该模型较适合于教育资源网格的资源检索。另外,由于仅开发出了原形系统,还没有和其它典型的 P2P 网络结构进行性能比较和实验分析。进一步的工作是与其它类型的 P2P 网络进行详细的比较分析和实验验证,以进一步对该模型进行改进,使其具有更高的检索效率。

参考文献:

- [1] ORAM A. Peer-to-peer: harnessing the benefits of a disruptive technology[M]. California: O' Reilly Assolate, Inc, 2001.
- [2] Hiroshi Sunaga, Toshiyuki Oka, Kiyoshi Ueda, et al. P2P-based grid architecture for homology searching[C]// Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing (P2P'05). Konstanz, Germany: [s. n.], 2005: 148-149.
- [3] STOICA I, MORRIS R, KARGER D, et al. Chord: a scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications[C]//ACM SIG COMM 2001, New York: ACM, 2001:149-160.
- [4] IBM. Peer to peer networking: addressing scaling Issues in peer-to-peer architecture[EB/OL]. 2000[2008-09-09]http://www.research.ibm.com/smartnetwork/peer.html.
- [5] 杨永健,李树秋,韩鸿莺.一种基于分层的网格资源发现模型[J].计算机工程,2007,33(20):128-130.
- [6] YI Ke, LI Feifei, KOLLIOS George, et al. Top-*k* query processing in uncertain databases[C]. Data Engineering, 2008. ICDE 2008. IEEE 24th International Conference on 7-12 April 2008 Page(s):1406-1408. [2008-09-01]. http://www.cs.fsu.edu/lifeifei/paper/utopk-poster.pdf
- [7] CHEN Haitao, XU Chuanfu, HUANG Zunguo, et al. A scalable peer-to-peer lookup model [M]//Second International Workshop, GCC. Grid and Cooperative Computing. Heidelberg, Berlin: Springer, 2004, 3032:379-387.
- [8] 何盈捷,王珊,杜小勇.纯 Peer to Peer 环境下有效的 Top-*k* 查询[J].软件学报,2005,16(4):540-552.
- [9] 凌波,周水庚,周傲英. P2P 信息检索系统的查询结果排序与合并策略[J].计算机学报,2007, 30(3): 405-414.

(编辑:孙培芹)