

基于 P2P 的数据库全文检索系统的设计与实现

苏延君, 张宏军, 郝文宁

(解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

摘要:针对大型行业或集团内部对于异构数据库全文检索服务的应用需求,通过分析分布式数据库全文检索系统建设的一般性方案,提出了一个基于 P2P 模式的架构,设计和实现了一个以 JXTA 作为交互框架的数据库全文检索系统,并对系统的各主要功能模块、交互流程和在系统实现过程中所涉及到的关键技术进行了详细的描述。该系统在不改变文件资料原有存储格局的基础上,有效地解决了分布式环境下异构数据库全文检索的问题。

关键词:全文检索; P2P; JXTA

中图分类号: TP311.52

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)09-0028-03

Design and Realization of DB Full Text Retrieval System Based on P2P

SU Yan-jun, ZHANG Hong-jun, HAO Wen-ning

(Engineering Institute of Engineering Corps, PLA Univ. of Sci. & Tech., Nanjing 210007, China)

Abstract: In view of the demand of the application about full text retrieval among heterogeneous DB from the large enterprise and group, by analyzing the common scenario of DB full text retrieval system, focuses on a P2P-based architecture, a DB full text retrieval system which integrates JXTA as communication frame was designed and realized, and the main function modules of the system, interactive flow and the key technology used in system implementation have been described. The system preserves the situation of the information storage, and resolves the problem of full text retrieval among heterogeneous DB in distributing environment.

Key words: full text retrieval; P2P; JXTA

0 引言

数据库全文检索服务是企业信息服务的重要组成部分,可应用于金融、医疗、军队等大型行业或集团内部,具有很高的实用价值。其主要功能是为保存在数据库中的二进制流文件和长文本字段建立结构统一的索引库,并提供全文检索、定位和传输服务。

目前,一般的数据库全文检索的系统是将行业或集团内部各部门的文件资料汇总到增设的中央数据库,并利用商业数据库提供的全文检索功能统一向外提供流文件的全文检索服务。但是,这种为了满足全局检索要求将所有资料汇总到中央数据库的方案会加大系统额外开销。另外,这种解决方案对中央服务节点的处理能力和网络带宽要求很高,当大量用户并发访问时服务器的服务质量会明显降低,甚至会导致系统崩溃。同时,商业数据库对于流文件全文检索的功

能支持也是非常有限的。例如, SqlServer, Oracle 等主流商业数据库只对个别类型的文件提供检索,并且不支持用户自定义的、灵活的索引策略。

文中结合对等网络的优点,设计实现了一个基于 P2P 模式的数据库全文检索系统。对等网络是由大量高度动态的节点组成。这些被称为对等体的节点既充当服务器为其他节点提供服务,又充当客户机享用其他节点提供的服务,具有相同的责任与能力,并协同完成任务。JXTA 是一个对等网络编程平台,它被设计用于解决一系列现代分布式计算问题,尤其适用于 P2P 计算^[1]。

系统在不增加额外的中央数据库保持数据分布状态的前提下,很好地解决了分布式异构环境下数据库单元自治和数据安全共享的问题,可以为企业内部跨地域的各种数据库中的各类二进制流文件构建结构统一的全文索引,并提供安全、高效的检索服务。

收稿日期:2006-11-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70371039)

作者简介:苏延君(1982-),男,甘肃人,硕士研究生,研究方向为作战模拟与决策分析;张宏军,教授,研究方向为作战模拟与决策分析。

1 系统设计

1.1 系统结构

整个系统是由分布在不同地域的多个同构分系统

组成的,它们将分散在广域网范围内的各个异构数据库结点连接起来形成一个虚拟组并统一向外提供服务,随着分系统的不断加入,系统的规模也将随之扩大。系统屏蔽了各个服务节点的细节,当有节点发生故障时不会影响全局运行,并且随着节点数量的增加系统性能也不会受到影响。分系统的软件结构(见图1)主要由四部分组成:服务管理层、服务对等体层、索引代理层和资源层。

1. 服务管理层

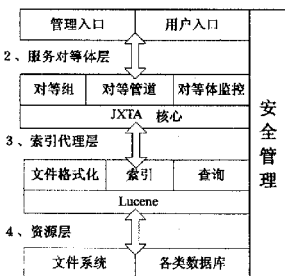


图1 分系统软件结构图

1.1.1 服务管理层

服务管理层是系统的控制核心,主要由两部分组成。首先,该层提供的管理入口负责本地对等体的初始化配置及索引管理。系统初始化时需要与其它节点连接建立P2P组,分系统管理员需要提供身份认证信息。另外,文件资料的全文索引更新策略也应由分系统管理员根据当地数据库类型、信息更新速度、节点计算处理能力等情况综合考虑后制定相应方案。另外,该层提供的用户入口主要通过Web Service的方式或通过Web页的方式对本单位内部提供数据库流文件的检索和传输服务^[2]。在接到用户的查询请求后,服务管理启动本地服务对等体向远程服务节点发出查询请求,并将查询结果进行综合整理后返回给用户。并且由其制定灵活的安全访问策略,对不同身份的用户提供相应级别的文件检索和传输服务,以保证资源访问安全。

1.1.2 服务对等体层

服务对等体层负责向其它远程节点传送查询请求和返回查询结果,并实现节点之间的文件加密传输。该层又分为三个子层。在核心层,定义了基本的P2P核心操作,包括P2P组的建立、删除、加入和离开,向其他节点发送各类广告等功能;在服务层,定义了检索服务接口,包括信息交互格式、交互通道和安全

级别等;在最上层,提供了供其它模块调用的服务接口。该部分采用JXTA技术构建系统的交互框架^[3],通过建立特定的对等组,可将广域网范围内的各个数据中心构建成一个虚拟组,各对等体以广告的形式向外发布自身信息。对等体之间通信前首先获取远程对等体服务列表,然后与其建立管道连接,最终将信息发往目的地。

1.1.3 索引代理层

索引代理层相对比较独立,主要负责为本地各类格式的数据库二进制流文件建立结构统一的全文索引,并可定期或根据策略更新索引库,以及响应服务管理层或服务对等体层的查询请求,返回查询结果。系统在该部分采用开源Lucene项目提供的全文索引机制实现^[4],并针对中文特性可加入行业术语切词包使得查准率有效提高。该层主要分为两个子模块:索引构建模块,将不同格式的文件(doc, pdf, xls, html, ppt等)转换为统一的预处理文件^[5],再生成统一的索引库;索引查询模块,根据用户的请求查找索引库中所有匹配项,根据匹配度或修改时间即将结果排序后返回给用户。

1.1.4 资源层

资源层包括对多种操作系统平台(主要是Windows和Linux)上的数据库和文件系统的操作支持。现有的文件资料可能以二进制流文件的形式保存于各类数据库中或分布于不同的操作系统平台的文件系统中,为此,系统提供了完整的操作接口以适应不同情况的需求。

1.2 系统交互

各分系统初始化时,首先利用索引代理层建立或更新本地索引,然后通过本地服务对等体与远程节点一起建立虚拟组,最后通过服务管理层向外提供检索服务。系统的交互流程(见图2)是当客户提交查询

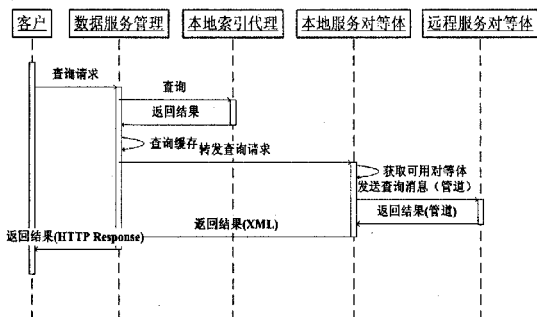


图2 系统交互流程

请求到某个分系统后,数据服务管理向本地索引代理和本地缓存提交查询,若结果不满足客户要求,则向服务对等体提交查询信息,本地服务对等体在接到请求后,通过管道向远程节点发送查询请求,远程对等体接到请求信息后调用当地索引代理,并将结果封装后返回请求发起节点;最后,数据服务管理将最终返回结果汇总后交由客户作进一步处理。另外,客户对于文件资料的传输请求必须根据文件所有者的安全控制策略进行身份认证后通过对等体之间的加密管道进行安全传输。

2 系统实现关键技术

2.1 对等体服务交互

各分系统作为独立的 Peer 节点通过其对应体层加入到系统指定的对等组之后,为了使组内其它结点可以根据需要定位到自身,需要向外发布服务信息^[6],这里使用 JXTA 提供的广告(advertisement)机制,以 XML 文档的形式向外发布服务信息。同时,通过集合点(Rendezvous)这一特殊的 Peer 节点来发现其它节点发布的广告。广告实例如下:

```
<? xml version="1.0"? >
<! DOCTYPE jxta:PipeAdvertisement >
<jxta: PipeAdvertisement xmlns:jxta="http://jxta.org">
<Id>
urn:jxta:uuid-
ij4390rcjk43908hrj6n7gbyk342 - 0t4ekgrs78954ckmnr854mr878
i4jfb85f34
</Id>
<Type>
JxtaUnicast
</Type>
<Name>
SearchService
</Name>
</jxta: PipeAdvertisement>
```

在具体实现时,首先,发布方作为服务端向组内其它节点发布广告。然后,接收方作为客户端在发现该广告之后创建输出管道与服务方进行连接。最后,服务端创建输入管道等待客户端的请求信息,经过处理后将最终结果返回给客户端。

2.2 可扩展的数据库全局索引

在数据库索引生成部分(见图 3),针对不同的数据库和流文件类型,首先定义了数据库索引接口(DbIndexer)和数据库处理接口(DbHandler),然后在建立索引时,根据配置文件(Handler.Properties)的相关内容(如数据库类型、文件类型、索引类型等)动态地载

入具体处理实体,最后组装成为实际的处理类(DocumentHandle)。另外,在生成索引时,为索引文件添加了主键 DWF(数据库全局定位标识),该标识定义了单个索引文件所指向的数据库表项的全局唯一位置(IP 地址、数据库名、表名、ID 号等信息)。

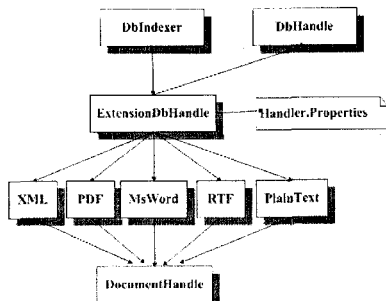


图 3 可扩展的数据库索引

2.3 订购式的缓存机制

为了减少访问延迟,节省网络带宽,提高系统性能,系统采用了订购式的缓存机制。首先,考虑到对于一般用户的查询结果再次利用的可能性很小,缓存下来的意义不大,所以没有使用常规的结果缓存机制。另外,通过分析行业应用的特征,发现一个部门的查询需求往往集中于特定的几个节点及文件类别,所以,定义了订购三元组 $\langle N_q, C_q, T_q \rangle$,其中 N_q 是分系统节点的集合 $\{N_1, \dots, N_k\}$; C_q 是文件类别集合 $\{C_1, \dots, C_m\}$; T_q 是更新时间策略集合 $\{T_1, \dots, T_n\}$ 。使用“等级阈值”的概念来根据查询的命中率区分 N_q, C_q, T_q 的“热度”(表示为 $H(N_q), H(C_q), H(T_q)$),根据 N_q “热度”确定为各节点预留缓冲区的大小,根据 C_q “热度”确定缓存索引中各文件类型所占的比例,根据 T_q “热度”确定缓存索引的时间优先策略。最后,确定订购集合 $\langle H(N_q), H(C_q), H(T_q) \rangle$ 发往各节点,各节点在收到订购后根据订购集合向订购节点返回符合条件的索引集合。

2.4 多层次信任模型

作为行业或集团内部资料的交互共享平台,系统安全的重要性是不言而喻的。出于可操作性的考虑,系统没有采用常规的基于权威证书提供公钥的信任模型,而是在扩展了原有的 JXTA 安全机制的基础上构建了一个多层次的信任模型。首先,系统提供了完整的基于角色的多级资源授权访问控制机制,由全局系统安全管理员管理角色,单位管理员为单用户分配

(下转第 34 页)

3.2 实验结果

为了测试 RBFN 算法的检索性能,我们在一个范围较广的自然图像库上进行了实验。图像库由 500 幅图像组成,包括动物、植物和建筑等 15 个分类的图像,其中每个分类中的图像数目为 10 到 80 不等。图像的视觉特征提取颜色特征,并采用分块主颜色表达。实验过程如下:任意选取图像总数目超过 30 幅的 8 个子类别中各随机抽取 5 幅图像作为查询图像,这样构成了 40 次查询。为了验证本算法的有效性,与权值调整法进行了比较,结果如表 1 所示。

表 1 40 次查询的平均 RRA 和 TRA

反馈次数	方法			
	无反馈法	权值反馈法	RBFN 法	
			RRA	TRA
0	0.39	0.39	0.39	0.39
1		0.56	0.61	0.69
2		0.63	0.71	0.73
3		0.69	0.73	0.75
4		0.70	0.74	0.78

从表 1 中可以看到,在同样的反馈次数里,RBFN 法要比权值调整法检索效率高。例如,在第二次反馈中,权值反馈法的 RRA 是 0.63,而 RBFN 法的 RRA 是 0.71。

4 总结

图像检索是一个有着广阔应用前景又极富挑战的研究领域,相关反馈方法大大提高了图像检索的性能。文中将 RBFN 运用到图像检索中,并采用模糊相关反馈方法,将相关信息的标记和反馈转化为神经网络的

样本选取和学习过程。实验表明,此种方法在有限的反馈次数中,用户就得到了满意的检索结果;且具有较强的推广能力,可以使用各种特征表示,交互地提高检索性能。

参考文献:

- [1] Rui Yong, Huang T S, Mehrotra S. Content-based image retrieval with relevance feedback in MARS[C]//in Proc. IEEE Int Conf. Image Processing. Washington D. C.: [s. n.], 1997: 815-818.
- [2] Rui Yong, Huang T S, Ortega M, et al. Relevance feedback: a power tool in interactive content-based image retrieval[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1998, 8(5): 644-655.
- [3] Yap Kim-Hui, Wu Kui. Fuzzy relevance feedback in content-based image retrieval[C]//IEEE, ICICS-PCM. [s. l.]: [s. n.], 2003: 1595-1599.
- [4] Yap Kim-Hui, Wu Kui. Fuzzy relevance feedback in content-based image retrieval systems using radial basis function network[C]//IEEE. [s. l.]: [s. n.], 2005.
- [5] Yap Kim-Hui, Wu Kui. A soft relevance framework in content-based image retrieval systems[J]. IEEE transaction on circuits and systems for video technology, 2005, 15(12): 1557-1568.
- [6] Muneesawang P, Guan Ling. Interactive CBIR using RBF-BASED relevance feedback for WT/VQ coded images[C]//IEEE. [s. l.]: [s. n.], 2001: 1641-1644.
- [7] Muneesawang P, Guan Ling. An interactive approach for CBIR using a network of radial basis functions[J]. IEEE transactions on multimedia, 2004, 6(5): 703-716.

(上接第 30 页)

相应角色,文件的所有者根据文件的密级指定各角色的访问权限,保证文件的资料的使用安全。另外,进行加密传输前交互双方互传 X509.V3 证书存根,该存根包括了用来验证用 RSA 私钥签过名的对等体 X509.V3 证书的 1024 比特 RSA 公钥,再通过 P2P 加密管道便可以实现文件在广域网范围内安全的传输,以此保证文件传输的外部安全。

3 总结与展望

阐述了怎样利用 P2P 对等计算技术和全文检索技术构建新一代分布式数据库全文检索服务系统,并在此基础上描述了原型系统的总体结构。今后,系统还要在以下几方面进行扩展和改进:一方面,加入智能分类和专家支持系统,使得系统的查准率进一步提高;另一方面,提供各种智能移动设备的支持,构建出立

体的商业文件资料服务平台。

参考文献:

- [1] Jones N. Project JXTA website[EB/OL]. 2004. <http://www.jxta.org>.
- [2] 阿拉玛拉尤. J2EE 服务器端高级编程[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [3] Li Gong. JXTA: A Network Programming Environment[J]. Internet Computing Online, 2001, 5(3): 88-95.
- [4] Goetz B. The Lucene search engine: Powerful, flexible and free [EB/OL]. 2005. <http://www.javaworld.com/java-world/jw-09-2000/jw-0915-lucene.p.html>.
- [5] Hatcher E. Lucene In Action[EB/OL]. 2003. <http://jakarta.apache.org/lucene/docs/fileformats.html>.
- [6] Traversat B. The Project JXTA Virtual Network[EB/OL]. 2001-05. <http://www.jxta.org/docs/JXTAprotocols.pdf>.