

一个面向 Internet 的分布式信息检索系统模型

韩立新, 陆桑璐, 谢立

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏南京 210093)

摘 要: 随着 Internet 上的用户急剧增加, 如何快速地处理查询请求已成为面向 Internet 的信息检索系统急需解决的问题. 文中提出了一个面向 Internet 的分布式信息检索系统模型 (Fastresponse). 在该系统模型中, 针对当前分布式信息检索系统在可获得性、可靠性、可扩展性、查询服务智能性等方面存在的一些问题, 我们提出了对服务器和文档进行两级调度; 系统需要时动态招募备份服务器; 对子服务器群中和子服务器群间的服务器进行两级监控; 根据用户的要求自动重组服务器等一些新的管理策略, 有效地解决了上述方面存在的问题, 从而可以更好地处理用户的查询请求.

关键词: 分布式信息检索; Internet; Web 服务器; 可获得性; 可扩展性; 可靠性; 查询服务

中图分类号: TP391; TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 08-1130-04

A Model of Distributed Information Retrieval Systems for Internet Applications

HAN Li-xin, LU Sang-lu, XIE Li

(State Key Laboratory of Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)

Abstract: With the rapid increase of Internet users, it is more and more important for Internet information retrieval systems to process large amount of users' query efficiently and rapidly. In this paper, we propose a model, Fastresponse, of distributed information retrieval systems for Internet applications. Currently, the distributed information retrieval systems on the Web have problems in the aspects of availability, reliability, scalability and intelligent query service. In Fastresponse, we propose some methods for the management of Web server to resolve the problems above. Thus, we can better process the users' query. We describe the features of Fastresponse. The system adopts a two-level scheduling policy to arrange the works of servers and documents. The system uses the standby servers that are dynamically selected when the system requires. The system monitors the running servers' states in the same cluster and among the clusters. The system automatically regroupes the servers according to the use's request.

Key words: distributed information retrieval; Internet; Web server; availability; scalability; reliability; query service

1 引言

在 Internet 技术迅速普及的今天, 一些著名的搜索网页上, 每天查询次数高达数百万次, 而且仍有明显的增长势头, 因此如何快速地处理查询请求已成为面向 Internet 的信息检索系统急需解决的问题.

由于一些面向 Internet 的信息检索系统采用的是集中式系统的工作方式, 因此当负载增大时, 用户的查询请求很难得到及时地响应. 鉴于此, 出现了一些分布式信息检索系统, 它们采用分布式系统的工作方式及其现有技术来处理查询请求.

然而, 当前分布式信息检索系统普遍在可扩展性、可靠性、可获得性、查询服务智能性方面或多或少地存在一些問題, 从而影响用户查询请求的响应时间.

针对上述问题, 本文提出一个面向 Internet 的分布式信息检索系统模型 Fastresponse. Fastresponse 系统模型具有如下主

要特点:

(1) 较高的可获得性: 该系统采用两级调度策略对服务器和文档进行调度, 具体来说, 对服务器的调度, 主要采用动态招募空闲的服务器; 对频繁使用的文档产生动态超链接机制来进行分布式请求. 此外, 还提供就近查询服务等措施来获得较高的可获得性.

(2) 较好的可扩展性: 该系统采用不是直接选择预先存入信息处理备份服务器列表中, 而是当系统需要时动态招募备份服务器的方法. 此外, 就文档的负载平衡而言, 可以使用超链接的动态生成机制来进行分布式请求. 因此它具有灵活性较好的特点.

(3) 较高的可靠性: 该系统对提供信息处理的服务器进行监控, 实时了解各服务器的运行情况. 当本地的信息处理服务器出现故障时, 系统重定向查询请求给空闲的信息处理备份服务器或者其它子服务器群中的服务器.

收稿日期: 2001-10-16; 修回日期: 2002-03-28

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 60073029); 国家 863 计划项目 (No. 2001AA113050)

(4) 较智能的查询服务:该系统可以根据用户的要求自动地重组服务器。对于用户提出的一些复杂的查询请求,系统将用户提出的查询请求分解,将子查询请求转发给多个服务器,最后综合各个服务器的查询结果,将最终结果提交给用户。

2 面向 Internet 的分布式信息检索系统模型 Fastresponse

2.1 Fastresponse 的体系结构

Fastresponse 具有较明显的层次关系,自顶向下依次分为三层:人机交互层,服务器管理层,信息检索层。

在 Fastresponse 的体系结构中,Web 服务器的管理方式可以采用分布式管理和集中式管理相结合的管理方式,这样做避免了集中式管理容易产生瓶颈的问题以及分布式管理容易产生扩展性不够好的问题。整个 Fastresponse 由多个处于不同地理位置的子服务器群组成,该系统采用分布式管理方式。每个子服务器群由该子服务器群中的服务器通过本地网络连接而成,每个子服务器群采用集中式管理方式。本地调度器对本地子服务器群中的服务器进行集中控制。由于可能有一些搜索引擎仅仅适用于某些特定领域,因此控制这些搜索引擎的服务器必须按领域分类。在系统的每个子服务器群中的调度器所属的服务器上保存一些领域服务器列表,这些列表包括本地子服务器群中与各个领域相关的服务器列表,以及其他子服务器群中与各个领域相关的服务器列表和这些子服务器群所处的地理位置等信息,这样做就可以根据查询领域选择最合适的服务器来提供服务。

分布式信息检索系统可以采用只有一个调度器或多个调度器的工作方式。由于采用单个调度器进入易造成瓶颈,并且一旦该结点出现故障,整个系统就无法进行查询工作。因此 Fastresponse 采用多个调度器的工作方式。在 Fastresponse 中,每个子服务器群与某个特定的调度器对应。用户从最接近的某一子服务器群中的调度器进入进行查询。

在某一子服务器群中,各信息处理服务器分别和搜索引擎以及本地数据库相连,因此它既可以处理需要从 Internet 上收集的动态请求又可以处理需要从本地数据库查询获得的静态请求。当请求中既包括动态请求又包括静态请求时,也可以根据负载情况,将动态请求和静态请求分别在不同的信息处理服务器上进行处理。当信息处理服务器负载较大或出现故障时,系统可以动态招募空闲的信息处理备份服务器。各信息处理备份服务器仅与搜索引擎相连,因此它只是处理需要从 Internet 上收集的动态请求。

2.2 Fastresponse 的系统功能

Fastresponse 由以下几层组成:

(1) 人机交互层:它是用户和分布式信息检索系统的唯一接口,它向系统发出请求和接受系统的服务。它把人机交互层单独作为一层,从而使得各个用户可以按自己的喜好来设计查询界面。

(2) 服务器管理层:从人机交互层接受查询请求,根据各信息处理服务器的负载情况,按照我们提出的新调度策略进行调度,同时将请求提交给所选的服务器进行处理。这是本文

着重介绍的内容。

(3) 信息检索层:它从 Internet 上收集信息,并对收集的信息进行处理,从而产生用户所需的查询结果。这是一个信息检索系统最为重要的部分,具体内容已在文献[1]中介绍。

3 Fastresponse 系统模型中一些关键技术的设计

本节将着重介绍 Fastresponse 系统模型中服务器管理层的主要特点:

3.1 较高的可获得性

我们提出用 Availability 方法来提高 Fastresponse 的可获得性。Availability 方法的主要思想是:首先系统根据用户发出请求的位置,考虑本地子服务器群所提供的查询服务。当用户的查询请求被提交给调度器后,该调度器根据各信息处理服务器的负载情况,将请求提交给所选的服务器。当信息处理服务器负载均较重时,系统在本地球子服务器群中能透明地添加新服务器,也就是可以选用信息处理备份服务器做动态查询,从而减少用户等待查询结果的时间。当本地子服务器群负载过重或没有需要的查询领域时,系统根据领域服务器列表选择合适的子服务器群,由该子服务器群对查询请求进行处理。这样做可以减少网络延迟,提高查询的响应速度。此外,根据 Web 上文档的特点,对用户频繁使用的文档,还采用这些文档中的动态超链接以产生分布式请求来达到负载均衡。当它选择复制一个文档时,只是把复制的文档使用超链接的方式记录在文档图中,而不是把文档真正复制到其它服务器上。只有当用户实际发出检索该文档的请求时,包含该文档的主服务器根据其他服务器的负载情况,从该文档的超链接所包含的复制文档列表中选择一负载较小,并且预留复制文档的可用磁盘空间较大的服务器。这避免在复制一个被频繁请求的文档后,由于用户兴趣的变化,该文档并没有被请求,从而导致浪费了磁盘空间和网络带宽的弊端。这种方法允许主服务器完全控制负载均衡,它使用文档中的动态超链接机制来指向负载较轻的文档。这种方法有以下好处:(1)通过数据复制,有效地解决由于一些网页访问频率过高所带来的问题。(2)该方法使用超链接的链接性来直接控制负载均衡,这比使用传统的 DNS 服务器有更好的粒度级。

3.2 较好的可扩展性

我们提出用 Scalability 方法来提高 Fastresponse 的可扩展性。Scalability 方法的主要思想是:当本地的信息处理服务器均负载较大时,调度器动态招募空闲的信息处理备份服务器。该调度器不是直接选择预先存入调度器中的信息处理备份服务器列表,而是当信息处理备份服务器空闲时,主动发消息告知调度器,以方便调度器中该列表的动态扩充。当调度器需要动态招募备份服务器时,利用 multicast 发送询问消息给该列表中的备份服务器,那些有空闲的备份服务器将自身的状况发消息反馈给调度器,当调度器收到消息后,根据调度策略选择某个信息处理备份服务器做动态查询。当本地的服务器均负载较大或者出现故障时,调度器重定向查询请求给其他子服务器群。此外,就文档的负载平衡而言,可以使用超链接的动态生成机制来进行分布式请求,由于这种方法可以加入任何

一个可用服务器作为一个备份服务器,因此它具有灵活性较好的特点。

3.3 较高的可靠性

我们提出用 Reliability 方法来提高 Fastresponse 的可靠性。该方法的主要思想是:如果调度器在一定时间内仍没有收到查询结果,就向发出查询请求的信息处理服务器发探询消息,如果在指定时间内仍没有得到回答,那么就可以认为其出现了故障,于是选择该子服务器群中的另一较为空闲的信息处理服务器或者信息处理备份服务器进行查询。当本地的服务器均出现故障时,调度器重定向查询请求给其它子服务器群。在子服务器群之间,当其他子服务器群在一定时间内没有收到某一子服务器群的负载情况,它们向该子服务器群发出探询消息,在一定时间范围内仍没有得到回答,就可以认为这一子服务器群出现了故障。

3.4 智能的查询服务

我们提出用 Queryservice 方法来提高 Fastresponse 的查询服务智能性。该方法根据用户的查询请求,自动地重组服务器。其主要思想是:当用户提出一些简单的查询请求,如果该查询仅涉及到某一服务器,那么调度器首先从领域服务器列表中查找在本地子服务器群中是否存在满足查询要求的服务器。如果存在,就选择相应的服务器进行查找;如果不存在,就根据保存在其上的领域服务器列表,选择能包含该查询请求的最为邻近的某一子服务器群,由该子服务器群中的调度器选择合适的服务器,由该服务器进行查找后获得查询结果,并将查询结果提交给用户。如果用户提出一些复杂的查询请求,当该查询可能要涉及到多个不同的服务器时,就需要将查询请求分解为子查询请求,然后转发给相应的服务器,从而形成一棵结点树,树中结点与相关的服务器对应,然后对该树进行遍历,并在每一结点所对应的服务器上返回部分的查询结果,最后对各服务器上的查询结果进行综合,获得最终的查询结果,并返回给用户。例如当用户提出查询某月世界各地的天气总体情况,虽然本地服务器仅提供本地区的天气情况,但是本地服务器可以根据相关领域服务器列表得知从哪些地方可以得到其他地区的天气情况,于是将对查询请求进行分解,将子查询请求转发给相应的服务器,最后可以综合查询结果以提交给用户。

4 实例研究

4.1 原型系统 W-Prototype 概述

W-Prototype 原型系统具有较明显的层次关系,自顶向下依次分为三层:人机交互层,服务器管理层,信息检索层。

各层的具体功能如下:

(1) 人机交互层

· 接口 Agent:是用户可见的部分。它是用户和 W-Prototype 原型系统的唯一接口,它向系统发出请求和接受系统的服务。

(2) 服务器管理层

· 调度 Agent:该调度 Agent 从接口 Agent 接受查询请求,根据各信息处理服务器的负载情况,按照本文提出的调度策

略进行调度,同时将请求提交给所选的服务器。

(3) 信息检索层

· 处理 Agent:选中的服务器先从本地数据库中找出满足查询请求的信息,然后从搜索 Agent 获得信息,并将两方面得到的信息进行合并,除去重复内容后将所获得查询结果由接口 Agent 返回给用户。此外,它还向调度 Agent 发送所属服务器的负载等状态信息。

· 搜索 Agent:从处理 Agent 接收查询请求,此时的查询请求是系统的内部格式,由于各个搜索引擎的语法都不尽相同,因此必须将之转换成符合各个搜索引擎语法要求的查询请求,并将包装好的查询请求传给信息检索层中相应的搜索引擎去进行具体的查询工作。这样做使得用户不需要去了解各个具体的搜索引擎的语法就可以对多个搜索引擎进行查询。然后,对各个搜索引擎返回的结果进行合并,除去重复的链接,并从各个不同的 WWW 服务器上获取页面内容,将结果提交给处理 Agent 进行进一步的处理。由于搜索 Agent 主要是能够并行的访问多个搜索引擎,并能按各个搜索引擎的要求发出查询请求,从而可以利用各个搜索引擎的优点,同时能弥补原来搜索引擎的不足之处。

4.2 原型系统的性能分析

W-Prototype 系统的实验环境由数台 IBM RS6000 工作站、数台 SUN 工作站和十几台 PC 机构成。IBM RS6000 工作站的内存为 64M,硬盘为 2G,其上运行的操作系统为 AIX4. 2. 1; SUN Ultra 1 和 Ultra 30 工作站的内存为 64M,硬盘为 2G,其上运行的操作系统为 Solaris 2. 6; PC 机的内存为 32M,硬盘为 4G,其上运行的操作系统为 Windows NT 4. 0。其中 RS6000 使用 155MB/S 的 ATM 网络连接, SUN 的 Ultra 机采用 100M 以太网连接,而 PC 机采用 10M 以太网连接,所有机器都已互联。我们采用了 JAVA 为开发工具,使用 MPI 为通信支撑,从而实现了平台无关性。

在实验时,一些学生向 W-Prototype 系统提出查询请求,然后由系统给出响应。实验结果如图 1 所示。

从图 1 中可以看出:随着服务器数的增加,对客户查询请求的响应时间相应减少。同时随着客户数的增加,服务器数较多的查询时间增加较少,而服务器数较少的查询时间增加较多。这表明我们提出一些调度策略是有效的。我们采用了如下方法:(1)采用动态招募空闲的服务器,对频繁使用的文档产生动态超链接机制来进行分布式请求,以及

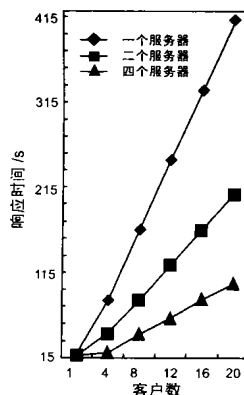


图 1 实验结果比较

提供就近查询服务等多种措施来获得具有较高可获得性的 Availability 方法。(2)采用不是直接选择预先存入信息处理备份服务器列表,而是当系统需要时动态招募备份服务器,就文档的负载平衡而言,可以使用超链接的动态生成机制来进行分布式请求等多种措施来获得具有较好可扩展性的 Scalability

方法.

5 与国内外同类工作的比较

就分布式 Web 服务器群而言,目前已提出了各种各样的请求重定向技术.影响较大的 Cisco DistributedDirector (CiscoDD)和 Distributed Server Groups(DSG)^[3]的调度器都是基于完全的集中式管理方式.当所有这些请求到达这个调度器时,这个调度器使用 HTTP 重定向机制以重定向这些请求给最恰当的 Web 服务器. DSG的调度器选择最小负载的服务器, CiscoDD 的调度器选择与发出请求的客户方最为接近的服务器.而本文采用把 DSG的调度策略和 CiscoDD 的调度策略结合在一起的调度策略.也就是优先选择负载较小的服务器以及优先选择与发出请求的客户方最为接近的子服务器群.

在文献[2]中,DC-Apache 系统基于 Web 文档中所体现的超链接的动态操作,以分布在一组协同服务器之间的客户请求. DC-Apache 系统是构造在 Apache Web 服务器之上,通过给它们增加新功能,从而使各个服务器能作为一个集合单元来协同和共享工作负载.特别是,DC-Apache 系统支持无缝的文档复制,把它作为负载平衡和文档一致性的方法之一.然而,DC-Apache 系统主要考虑的是 Web 文档级的负载平衡,而本文既考虑对服务器的负载平衡,又考虑对 Web 文档级的负载平衡.此外,在文献[2]中,DC-Apache 系统没有考虑 Web 服务器的地理位置对客户方产生的影响,而本文采用提供就近查询服务的方法来提高可获得性.再者,本文采用一些方法来提高系统的扩展性,可靠性和查询服务.

在文献[4]中,提出了一个有效的、可缩放的、大规模的分布式信息检索系统的体系结构,并且研制了一个灵活的模拟系统来检查该原型系统的性能.该分布式信息检索系统由 Clients、Connection Server 和 Inquiry Servers 组成.该系统利用添加少量的 Connection Servers 来协调大量的 Clients 和 Inquiry Servers,这样在高负载时,该系统就可以保持一定的缩放性.此外,当磁盘出现瓶颈时,该系统通过增加磁盘来改进 Inquiry Server 的性能.可是,该系统对可获得性,扩展性和可靠性均考虑不够,而本文对服务器和文档采用不同的调度策略,具体来说主要采用动态招募空闲的服务器,对频繁使用的文档产生动态超链接机制来进行分布式请求.另外还提供就近查询服务等多种措施来获得较高的可获得性.除此之外,本文还采用一些方法来提高系统的扩展性,可靠性和查询服务.

6 结束语

本文提出了一个面向 Internet 的分布式信息检索系统模型 Fastresponse.从已发表的一些国内外文献来看,虽然在此方面已作了一些工作,但是我们的系统是通过一系列关键技术的改进,从而使得系统的性能得到明显的提高.目前该系统的设计思想已运用在国家 863 高科技项目“应用服务器的运行、管理与调度技术”的研制过程中.

参考文献:

- [1] 韩立新,陈贵海,谢立.一个面向 Internet 的个性化信息检索系统模型[J].电子学报,2002,30(2):240-244.
- [2] LI Quan-zhong,MOON Bong-ki. Distributed cooperative apache Web server [A]. In the Proceedings of the Tenth International World Wide Web Conference [C]. Hong Kong:2001.555-564.
- [3] M Garland, S Grassia, R Monroe, S Puri. Implementing distributed server groups for the World Wide Web [A]. Tech. Rep. CMU-CS-95-114 [R]. Carnegie Mellon Univ,1995.
- [4] Brendon Cahoon, Kathryn S Mckinley, LU Zhihong. Evaluating the performance of distributed architectures for information retrieval using a variety of workloads [J]. ACM Transactions on Information Systems, 2000,18(1):1-43.
- [5] Scott M Baker, Bongki Moon. Distributed cooperative web servers [J]. Computer Networks,1999,31(11-16):1215-1229.

作者简介:



韩立新 男,1967年5月生于江苏省南京市.河海大学教师,博士研究生,主要研究方向为信息检索,网络计算等.



陆桑璐 女,1970年7月生于云南省昆明市.博士,副教授.主要研究方向为分布与并行系统.