

基于 TAG 的电力网格分布式资源管理的研究与实现^{*}

严涛 吕琦 司春锋 陆桑璐 陈道蓄

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京大学计算机科学与技术系 南京 210093)

摘要 电力系统对全网范围内分布、异构、海量数据全面共享和集成的需要催生了网格技术和传统电力调度监控技术的结合——电力网格。电力网格通过统一的软件平台连结电力调度中心,整合分布的软硬件资源,提供信息和计算的共享。对电力网格平台的资源管理机制进行了研究,提出了一种基于 TAG(标签)的信息分类模式,克服了传统树型分类的缺点;设计实现了一套由多台 RSS Server(资源监控服务器)协同完成的分布式资源存储与检索机制。并在此基础上,分析了 TAG 分类模式和分布式检索策略的优点。性能比较和系统运行表明该方案是有效和可行的。

关键词 电力网格, TAG, 资源管理, 分布式检索

Research and Implementation of TAG-based Distributed Resource Management on Power Grid Platform

YAN Tao LU Qi SI Chun-feng LU Sang-lu CHEN Dao-xu

(State Key Laboratory of Novel Software Technology, Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract The demand of sharing and integrating distributed, heterogeneous and tremendous data in nation-wide power system leads to the combination of grid and power automatization technology, which is called power grid. Power grid connects power control centers, integrates software and hardware resources and provides sharing of information and computation by a uniform software platform. This paper studies on the resource management of power grid platform. We propose a TAG-based information taxonomy, which overcomes the shortcoming of traditional tree-based taxonomy, design a distributed resource storing and querying mechanism on collaboration of several RSS servers. Moreover, the advantage of TAG-based taxonomy and distributed querying strategy is analyzed. Performance comparing and system running have proved the efficiency and feasibility of this design.

Keywords Power grid, TAG, Resource management, Distributed querying

1 引言

网格是继万维网之后出现的一种新型网络计算平台,是把地理位置上分散的资源集成起来的一种基础设施^[1]。网格技术是构筑在互联网上的一组新兴技术,它以分布式资源和通信网络为物理基础,将高速互联网、计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体,提供计算资源、存储资源、数据资源、信息资源、知识资源、专家资源、设备资源的全面共享^[2]。资源共享是网格的根本特征。

电力系统是一个将一次能源转化为电能并输送和分配到用户的统一系统,它具有广域分布、参数海量、模型复杂的特点^[3]。随着我国“西电东送、南北互供、全国联网”的战略决策的实施,对于大电网分析及控制技术的研究也变得越来越重要。全国范围内超大规模互联电力系统正在逐步形成,这使得针对广域分布数据进行分布式处理成为必然^[4,5]。

由于电力系统全网范围内存在分布、异构、海量的数据,各调度中心存在不同类型的数据和应用,因此需要一种新技术为互联网的资源共享和信息集成提供支撑,打破传统的静态配置在共享和协作上的限制。网格技术恰恰是用来建立对计算、数据、存储的全面动态共享,因而将网格与传统的电

力调度监控技术相结合就成为一种理想的选择,这就产生了电力网格。它是一个整合了电力系统所有软硬件资源,使用统一的软件平台将多个电网调度中心连结起来协同工作的新系统。电力网格技术从根本上提供了对各类电力资源的直接共享,有助于克服电力系统原有信息交换方式的弊端,实现信息从“需则共享”到“需则可知”的转变。分布式资源管理则是其中的关键问题。

本文主要探讨了我们的设计和实现的基于网格技术的电力调度自动化平台(PGP)管理和监控分布式电力资源的技术,提出了一种基于 TAG 分类思想的分布式资源注册和检索机制,给出了这套机制中的 TAG 设计组织和分布式存储与检索的具体设计方案,并进行了优劣比较和性能分析。该方案在实际的系统中已经实现并体现出良好的运行效果。

2 研究背景

研究电力网格的主要目的是对电力系统的全网资源进行更加科学有效的管理,达到全面、动态的信息共享。我们从电力系统的实际应用出发,通过网格技术对现有电力调度系统进行资源整合,设计并实现了一个新型电力网格平台,通过这个平台,将位于各级调度中心的数据资源和计算资源加以整

^{*} 本课题研究受到国家高技术研究发展计划 863 项目(编号:2006AA01Z199)和江苏省软件和集成电路业专项经费项目资助。严涛 硕士研究生,主要研究方向为分布式与并行计算;吕琦 博士研究生,主要研究方向为分布式与并行计算;司春锋 硕士研究生,主要研究方向为分布式与并行计算;陆桑璐 教授,博士生导师,主要研究方向为分布式与并行计算;陈道蓄 教授,博士生导师,主要研究方向为分布式与并行计算。

合,实现相互之间计算能力和数据资源的共享,进而实现对全网的准确仿真和监测。

下面首先对现有的电力系统和网格环境下资源管理的不同机制进行分析。

当前的电力系统具有一套比较成熟的调度自动化监控软件,国电南瑞公司研发的 OPEN3000 系统就是典型代表,它基于 CORBA 组件技术实现了 IEC61970 标准^[6]。但 OPEN3000 系统没有提供专门的资源发现和管理机制,导致的主要问题是广域网的电力资源和信息共享支持不足,影响全网模型的建立和调度中心之间的信息共享。

网格资源管理的典型例子是 Globus 的 MDS^[7] (监控和发现服务),它是 Globus 提供信息服务的模块,用于发现、发布和访问计算网格中的各种资源信息。MDS 是基于 OpenLDAP (开放式轻量目录访问协议)的^[8,9]。Globus 的这套机制主要存在两个问题:一是基于 OpenLDAP 的完全树型分类结构存在概念划分上的缺陷,这点在 3.2.1 节中会详细分析;另一点是 Globus 的 MDS 完全基于 Web Service 技术的 Soap 协议^[10],在通讯效率上无法达到电力系统要求。

与 MDS 的 LDAP 树型目录结构不同的是,基于 TAG 的分类方式是一种平面式的分类。TAG 是 WEB2.0^[11]下的一个概念,是指相关或从属于某一信息元素(可以是图片、文章、视频等等)的一个关键字或属性,最初是被作为一种新型灵活的网页信息分类方式。我们的资源分类设计中借鉴了 TAG 的思想,针对电力系统信息资源的特点,将每一个对象用一个或若干个标签(TAG)唯一地标识,从而提高检索效率。第 3 节中会具体说明这种分类方式的优点。

在深入探讨了电力网格的功能结构特点,分析现有电力自动化调度系统和网格架构下资源管理机制的优缺点的基础上,我们与国电南瑞科技股份有限公司合作研制开发了自己的新型电力网格平台系统 Power Grid Platform (简称 PGP)。这是一个基于网格技术的电力调度自动化系统平台,是吸收了现有 OPEN3000 平台的功能特色并在此基础上扩充、整合,加入网格技术和分布式资源管理思想形成的电力网格系统。下面简单介绍一下 PGP 的设计,它是下文电力资源管理研究的系统基础。

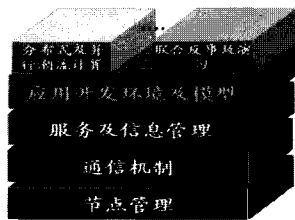


图 1 电力网格平台功能结构图

在电力网格系统设计中,我们将能提供资源共享的服务实体(包括各种服务器、PC 等)称为节点(node)。图 1 从平台角度给出了电力网格的功能结构示意图。其中,节点管理负责电力网格中所有参与节点的资源(包括软件、硬件等)状态;通信机制负责屏蔽异构网络的底层细节,为上层提供统一的访问接口;服务及信息管理在本质上是一个服务容器,为系统中所有服务和资源提供驻留环境,并提供生命周期管理。应用开发环境及模型提供一个基于电力网格平台的电力系统应用开发环境,为应用开发(如分布式潮流计算应用)及系统集成提供支持。

电力系统不同调度中心之间,由于管辖范围不同,存在大量的数据交互和共享的需求。而电力系统应用强调的关键就是资源共享和协同计算。这就要求电力网格平台能为用户提供可靠的、互操作的、分布式的、透明的资源和计算能力的共享,这些共享的前提和基础恰恰就是位于服务和信息管理层的分布式资源管理机制,在我们的平台中称之为 DRSS (Distributed Resource Supervising Service),这也是本文研究的重点。

从系统实现角度,我们将电力网格平台设计分成 Node App 和 RSS Server 两部分。Node App 驻留于每个节点,DRSS 就运行在 RSS Server 上,它是电力网格的信息中心,系统中所有资源均需在 RSS Server 上注册。从这个意义上,RSS Server 是电力网格中实现资源共享与协同式应用集成的服务调度与交易中心。后面两节中将具体介绍分布式 RSS 设计和功能的细节。

3 基于 TAG 的 RSS 检索机制

3.1 TAG 的概念

TAG 是伴随 Web2.0 产生的新概念,我们称之为标签,其实是一种新的分类系统。TAG 最初是用来组织和管理在线信息,主要功能是内容分类^[12]。Gmail 是一个 TAG 的典型用例,在 Gmail 邮箱中用户可以为每封邮件添加多个关键字分类信息(TAG),而检索时可以按照其中任何一个或几个 TAG 关键字进行查找,这就使得检索信息的方法更为丰富而结果更为准确。

TAG 常见于照片、视频等多媒体数字文件的分类管理,它不同于一般目录结构的分类方法,不考虑层次关系地给目标进行分类。各个 TAG 之间是一种平行的关系,但又可以根据相关性分析,将经常一起出现的 TAG 关联起来,从而产生一种相关性的分类,使内容之间的相关性和用户的交互性大大增强,更加符合用户使用的顺滑感,提高查询的效率。

把 TAG 思想应用于电力系统资源的分类管理是我们研究采用的一种创新性的思想,因为电力系统数据和信息资源的固有特点决定了使用基于 TAG 的平面分类结构能够更加灵活和清晰地标识每一个数据对象和它们之间的关联,尤其是对象间的非层次相关性会使得这种分类在相当多的查询中体现出效率上的优势。

3.2 基于 TAG 的信息分类

3.2.1 树型分类的问题

常见的网格资源分类都是基于树型结构,通过一层层的分类,最终检索到某一个具体的对象。前面提到的著名的 Globus 系统中的资源管理模块 MDS 使用的轻量目录访问协议 LDAP 就是一种树型分类。例如下面的目录树(例 1):

- 华东地区
 - 江苏省
 - 南京市
 - 对象 A
 - 对象 B
 - 浙江省
 - 宁波市
 - 对象 C
 - 对象 D
 - 福建省
 - 厦门市

对象 E

对于以上树型分类,由于每个层次的属性在概念上都有很明确的包含关系,因此用树型分类划分很理想,但是对于这样的目录树(例 2):

```

调度中心
  变电站甲
    电压
    电流
  变电站乙
    电压
    电流

```

这样的分类中,第二层和第三层没有必然的包含关系。当我们关注各变电站的运行状况时,以上分类是合适的;但当我们更为关注调度中心所辖地区的电压均值,需要查看各变电站的电压情况时,如下的分类才是最合适的:

```

调度中心
  电压
    变电站甲
    变电站乙
  电流
    变电站甲
    变电站乙

```

由上述例子可以得出的结论是:树型分类比较符合大家的习惯,但是在某些具体问题上却有其难以克服的缺陷。因为一个对象通常会具有若干个属性,每个属性之间可能是相关的,也可能没有任何关系,树型分类仅仅当每个对象的所有属性都存在概念上的包含关系时才具有合理性。而大部分情况下,一个对象的属性中,只有一部分存在这样的概念包含关系。对于这种只存在部分包含关系的属性,如果还是沿用树型分类方式,将会带来以下两个问题:

1)难以用树型结构划分。由于各个对象之间存在若干个互相平行的属性,因此难以用树型这样的包含结构来分类。如上例所示,不同的着眼点将会导致不同的分类方式。

2)难以检索。如果仅仅关注某几个属性所对应的一个对象集合,那么用树型分类就很难满足这样的检索需求。如上例中,第一种分类能够很轻易满足调查各变电站的运行状况,但是难以满足分析所辖全区电压情况的要求,而第二种分类却刚好相反。

3.2.2 基于 TAG 的平面模型

鉴于树型结构分类的局限性,我们提出基于 TAG 的电力资源管理与查找模型,基本思路是:所有对象都设计成平行关系,而不是类似树型的层次存储;每个对象都有若干个 TAG,一个 TAG 就表征了这个对象在某一个方面的属性;存在一棵层次数,描述 TAG 之间的包含关系;未被层次树描述的 TAG,默认都处于同一层,而且是最底层。

对于例 2 中的分类,我们可以基于 TAG 将其表示为表 1 所示的结构。

表 1 例 2 的平面结构分类

对象 A	电压	变电站甲
对象 B	电流	变电站甲
对象 C	电压	变电站乙
对象 D	电流	变电站乙

这样一共由电压、电流、变电站甲、变电站乙这 4 个 TAG

描述了 4 个不同的对象。我们可以使用任意一个或多个 TAG 来查找满足不同条件的目标。通过 TAG“变电站甲”可以检索到对象 A 和 B,这是例 2 的第一种目标;通过 TAG“电压”则可以检索到对象 A 和 C,这是例 2 的第二种目标。在清楚划分 4 个对象的同时,显然查找的灵活性和效率都能得到提高。

3.2.3 TAG 的虚拟层次结构

单纯地使用平面结构分类,当资源对象的部分 TAG 具有层次上的包含关系时,很难准确地体现出这种层次关系。还是用例 1 中的对象,采用基于 TAG 的平面结构时,将有表 2 的表示。

表 2 例 1 的平面结构分类

对象 A	华东	江苏	南京
对象 B	华东	江苏	南京
对象 C	华东	浙江	宁波
对象 D	华东	浙江	宁波
对象 E	华东	福建	厦门

我们可以通过 TAG{华东、江苏、南京}选择到对象 A 和对象 B,同样也可以用{江苏、华东、南京}这样的查询选择到对象 A 和对象 B,意义同样都是查询属于南京市的对象。但后一种查询不能正确地反映对象属性之间固有的层次关系,打乱了概念的包含关系。

另一方面,树型结构虽然难以对数据进行合理的管理,但却有两个好处:首先大部分人已经习惯树型结构,如果数据不是按照一层层地管理起来,反而不太习惯;其次,树型结构提供一种自顶向下、逐步求精的模式,让一个对这个系统一无所知的人也可以依照大分类、中分类、小分类这样的顺序一步步找到自己需要的数据。

因此,我们在基于 TAG 的纯平面结构之上建立层次树,用来刻画对象标签之间可能存在的层次依赖关系。层次树所示如下:

```

华东地区
  江苏省
    南京市
  浙江省
    宁波市
  福建省
    厦门市

```

这样,在做任何查询时,系统都会先对照已有的层次树判断查询条件是否符合 TAG 间的层次关系,不符合层次树 TAG 顺序的查询将获取不到任何结果。这样,{华东、江苏、南京}、{江苏、南京}或者{南京}这样的查询都会返回对象 A 和对象 B,而类似于{江苏、华东、南京}这样的查询将被拒绝。

到此,基于 TAG 的 RSS 分类机制就建立起来了,采用了平面结构的思想,又建立了虚拟的层次结构,兼顾了两者的优点,使得用户既能快速灵活地查找所需分类信息又可正确反映对象的层次关系。

3.3 电力网格数据的 TAG 设计组织

RSS 采用基于 TAG 的平面结构进行电力网格数据组织,考虑电力系统资源广域分布、关系复杂的实际状况,它主要管理较高层次对象的分布,提供服务、资源的注册、查找(定位)功能。在 PGP 中,RSS 主要管理服务、节点信息、数据(库)资源 3 类信息,这 3 种对象在创建时都需要向 RSS 进行

注册,登记其对应的属性标签,以备之后查找定位使用。

RSS Server 管理的对象信息,分为静态和动态两种,以静态为主。对于服务和数据库封装这两种对象,其信息变化较少,认为是静态;对于节点对象,有一部分信息,如操作系统类型、CPU 类型、硬盘空间等,是静态的,另一部分如 CPU 负载、内存占用率、网络负载等,变化较快,是动态的。RSS 只管理较高层次的对象资源,也就是把每种服务、每个节点和每个(实时)数据库都抽象成一个类的实例,在该层次以下的动态变化的信息,如节点软硬件性能的改变、数据库中电力系统数据的更新,都由该类内部的方法去实现监听和更新。不管哪一种信息,都由该对象本身负责主动向 RSS 报告其属性的变化。

PGP 平台的 RSS 上,设计了以下这些标签。为了表示上的方便,我们直接用层次树的形式来描述所有的 TAG。

RSS Root

Service /各类服务,主要是各种对象实现/

Trend Calc /潮流计算/

RTD PWrap /实时数据库封装/

Resource /电力系统的参数,在 RSS 这一层只需要管理行政划分/

Jiangsu /省/

Nanjing /市/

Xuanwu /区/

...

Suzhou /市/

...

...

Wuxi /市/

...

Node /各个节点的属性/

节点 a

Ip

Cpu Info

Cpu load

Memory capacity

Memory load

Disk capacity

Disk load

OS type

Netcard bandwidth

Network load

节点 b

Ip

Cpu Info

Cpu load

Memory capacity

Memory load

Disk capacity

Disk load

OS type

Netcard bandwidth

Network load

...

4 电力网格系统中的分布式 RSS 实现

4.1 性能和可靠性需求

作为电力系统资源共享与协同计算的调度中心,PGP 平台的 RSS Server 必然要满足电力应用特有需求,最集中地体现在性能和可靠性的要求上。

在性能上,电力网格平台对数据和计算资源的共享有较高的实时性要求,针对不同的应用,需要对数据请求有毫秒到秒级的响应速度。这种实时性一方面取决于通讯层的传输速度,另一方面则与 RSS Sever 的处理效率紧密相关。传统的集中式的 RSS 实现,由于只有一台中心服务器,面对电力系统海量的分布式资源的查询和计算任务调度,其有限的处理能力势必造成大量查询请求的拥塞延滞,形成效率的瓶颈,从而影响整个平台的实时性能。

在可靠性上,电力调度自动化系统是实时监控的系统,因此要求电力网格平台的服务必须是持续、稳定、安全的,不应该因为某一部分的故障而对整个系统的运行造成影响。采用一台中心服务器的集中式 RSS 实现,存在单点故障的隐患,一旦中心 RSS Server 发生故障,所有的资源都无法被检索,整个系统平台将因此瘫痪。

基于上述分析,我们的 PGP 平台采取分布式的 RSS 机制,用多台 RSS Server 协作完成全网电力资源的管理,以达到提高系统的查询效率和增强容错性的目的。下面说明具体实现方案。

4.2 分布式设计方案

在功能结构上,RSS Sever 从下往上分为通信层和元信息服务层两部分。底层是通讯层,它与 Node App 的通讯层完全一致,本文不做论述。而上层元信息服务层的核心思想就是基于 TAG 的分布式资源管理机制。

根据电力系统资源分布的特征,我们假设在每个省设置一台资源监控服务器(RSS Server),负责所辖省域的所有电力资源的登记和查找。多个这样的 RSS Server 互联,就组成一个全国范围内的分布式 RSS 资源管理机制。在此前提下,RSS Server 的数量是有限的,为了研究方便,不失一般性地假设整个系统的资源管理服务由 6 台 RSS Server 组成。

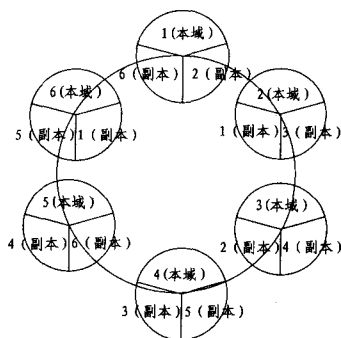


图 2 分布式 RSS Server 设计示意

把这 6 台 RSS Server 编号为 1-6,首尾相连组成一个环形,如图 2 所示。我们的策略是在相邻的 RSS Server 之间互相存储对方的所有登记资源信息。在图中,就是 1 号 Server 上存有 1,6,2 三个 Server 上的资源信息,2 号 Server 上存有 2,1,3 三个 Server 上的资源信息,依此类推。这样做的实质是通过增加副本来提高整个系统的查询效率和可靠性。设置一个合理的时间间隔,相邻 RSS Server 之间每隔一段时间就

互相更新对方在本机的副本,从而在一定程度上保证资源信息的同步性。需要说明的是,在决定构环序列时,可以采用合适的算法,使得整个圆的周长最小。在实际中也就是尽量选择距离近的两个 Server 作为相邻点,同时保证全部 Server 能够一个不漏地组成这个环形拓扑。

显而易见的是,在这样一种设计下,系统不再存在单点故障,不会因为某一台 RSS Server 的崩溃而使整个系统无法正常运行。一旦有一台 RSS Server 发生故障,可用与它相邻的任意一台 RSS Server 代替它的功能,并使用相邻 Server 的数据副本对发生故障的 Server 进行恢复。如果原来集中式策略下中心 RSS Server 的故障率是 10%。那么整个系统的故障率至少也是 10%,采用分布式的冗余策略,整系统的故障率就一下降到了 0.1%,下降了 2 个数量级,可见这种设计方案对系统可靠性的提升是显著的。

对于性能,即查询效率的提高,在下一节中进行分析。

4.3 分布式检索机制

4.3.1 基于 TAG 的数据查询

RSS Server 上登记的所有资源信息都采用基于 TAG 的分类方式,电力系统实时数据库中的关系表也被映射为 TAG 访问的方式。以表 3 中的二维表为例说明一下这种访问方式的转化。

表 3 电力数据示意

ID	站名	类型	功率
1	甲	火电	2W
2	乙	水电	5W
3	丙	风力	1W
4	丁	火电	3W

每个字段就是一个 TAG,用(ID=2)这个 Tag 进行查询,可以得到[{ID:2,站名:乙,类型:水电,功率:5W}]这个查询结果。用(类型=火电)这个 Tag 查询,可以得到[{ID:1,站名:甲,类型:火电,功率:2W},{ID:4,站名:丁,类型:火电,功率:3W}]这个查询结果。基于 TAG 的查询同样可以通过值的范围检索,对于 TAG(功率 \geq 2W),可以得到[{ID:1,站名:甲,类型:火电,功率:2W},{ID:2,站名:乙,类型:水电,功率:5W},{ID:4,站名:丁,类型:火电,功率:3W}]。当然,类似地也可以同时给出几个 Tag,这样会返回同时符合这几个 Tag 描述条件的结果。

4.3.2 分布式检索策略

基于上一节中所设计的 RSS Server 的组织方式和资源数据的存储分布,我们制定如下策略,处理来自节点的资源检索请求。在描述具体处理步骤前,先做三点约定:一是当前实现中任何资源信息都有一个所属域,这个域暂定为地域上所属的省份;二是每个对资源信息的查询请求都包含该资源所属域的说明;三是所有的 RSS Server 上都有全局范围内每台 RSS Server 所在域的信息。具体处理步骤如下:

1)任意节点发出对某一资源的查询请求时,首先向自己所属的上级省调所在 RSS Server 发出请求。

2)收到请求的 RSS Server,判断请求查询的资源是否属于本域。若属于,在本机上检索到满足条件的相应资源,返回结果;若不属本域,则将请求转发到对应域的 RSS Server,由它处理后将返回的结果再返回给查询节点。

3)设定一个时间阈值。若请求资源直接所属域的 RSS Server 超时,没有返回结果,就判断本机上是否有该域的资源

信息副本(即请求域是否与本域相邻)。若有,则直接用本机上副本检索到相应结果返回;若没有,则将请求再转发给请求域相邻的 RSS Server,由该 Server 上的副本查找出结果,再经过 2 次返回给查询节点。

4)若所要查询的非本域资源经过 3 次转发请求仍超时,没有返回结果,或者本域资源在本机检索没有满足条件的结果,则都由本域 RSS Server 向查询节点返回一个空集。

5)每个发出查询请求的节点也都设置一个查询时间阈值(比 RSS Server 的转发查询阈值大)。若超过这个时间没有收到本域 RSS Server 的返回结果,则认为本域 RSS Server 发生故障,转而将请求发给与本域相邻的 RSS Server,由该 Server 按照上面的 1-4 步骤进行处理并返回给结果。

6)若任意节点向 RSS Server 发出最多 3 次查询请求仍超时没有返回结果,则认为查询失败,放弃本次查询。

采用上述的分布式检索机制,一方面由多台协同工作的 RSS Server 分担了集中式单独一台中心 RSS Server 的查询负荷。来自不同节点的大量对本域电力资源的查询请求可以由多个 RSS Server 并行地处理执行,大大减少了总的查询处理时间,避免了中心服务器的处理瓶颈。另一方面,副本的存在使得查询时间不会因为网络的阻塞而受到过大的影响,把分布式条件下对本域资源的查询代价尽可能地限制在一个可接受的范围内,同时减少了查询失败的可能性。相比集中式的方法,这种分布式检索机制可以明显地提升整个系统的资源管理效率,满足电力应用的需求。

需要说明的是,在不同的应用场合,可以灵活地调整 RSS Server 之间副本更新的时间间隔,同时改变查询请求的时间阈值,从而更侧重于提高响应速度或是更侧重于保证数据的有效性,满足不同特点的应用需求。

4.3.3 性能分析

PGP 系统中 RSS Server 主要承担的是整个系统的资源监控与发现的任务,它的性能主要体现在处理来自不同节点的海量数据查询请求的效率上。资源的登记、修改和删除操作频率远远小于资源的检索,也就是查询定位。因此,我们的模拟实验主要验证分布式 RSS 实现下的查询效率通过将分布式 RSS 实现的处理速度和原有 OPEN3000 系统的查询接口以及集中式 RSS 实现的处理速度进行比较,来进行性能分析。

表 4 三种不同实现方式的查询时间(单位:秒)

方式	次数	10	100	1000	10000	100000
OPEN3000		0.888	9.52	96.2	932	9069
分布式 RSS		0.367	3.84	43.1	441	4819
集中式 RSS		1.099	11.45	120.2	1319	13976

实验采用电力系统常用的 IEEE118 系统模型,由 3 台 PC 机模拟 3 个不同分区节点,另 3 台 PC 机模拟 RSS Server (在 OPEN3000 和集中式查询中只使用一台 RSS Server),通过 100Mbits/s 的以太网互联组成测试环境。具体节点分区部署可参考文献[13]中的类似实验。

我们主要对比 RSS Server 处理不同数量查询请求的响应速度。在实验中由 3 个分区节点给出总量一定的查询请求,记录 3 种实现下 RSS Server 处理完所有这批查询请求的总耗时,其中分布式 RSS 模式下假设查询本域和非本域的请求各占一半,并且查询返回结果大小约在 10^3 Byte 的量级。

反复模拟并记录 10 次以上的数据取平均值,得到表 4 中的结果。

把上面的实验结果做一个直观的横向比较,可以得到图 3。

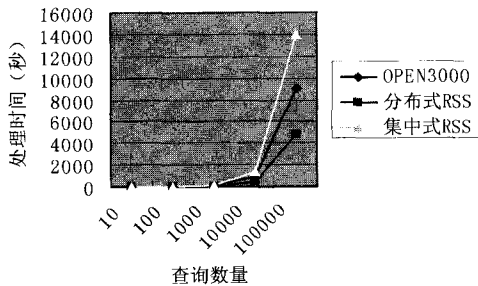


图 3 三种方式的比较

从图 3 中不难看出,分布式 RSS 实现机制相比较另外两种检索模式有较明显的优势。在我们的实验条件下,它的检索时间开销只有集中式的 1/3 左右,比原有的 OPEN3000 查询接口也快了将近一倍。这种优势在查询请求数量较大时更为明显。

我们注意到,单位查询的处理时间和单位查询返回结果的传输时间是影响分布式实现处理时间的重要因素。单位查询的时间相对是比较稳定的,而查询结果的传输时间则与结果的大小密切相关。因此,保持其他条件不变,我们重新设计了一批返回结果大小增大 10 倍,为 10^4 Byte 量级的批量查询,这时分布式 RSS 的处理时间如表 5 所示。

表 5 结果大小增加后的分布式处理时间

次数	10	100	1000	10000	100000
方式					
分布式 RSS	0.731	7.62	81.5	878	9579

其他两种实现方式的处理时间几乎没有变化,3 种方式的比较如图 4 所示。

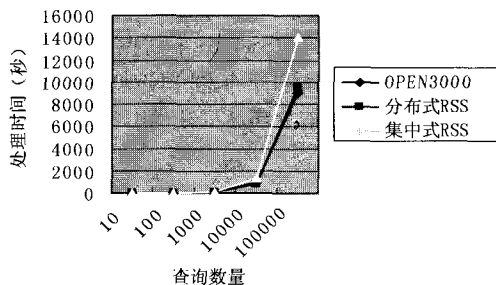


图 4 结果大小增加后的三种方式比较

可以看到,查询结果的 Size 大幅度增加后,分布式 RSS 实现的处理时间也增加了将近一倍,但它还是比集中式的实现有明显优势,与 OPEN3000 接口的速度相差在很小的范围内。

我们对上述结果做一个简单的分析。假设有 N 个 RSS Server 组成分布式环境,某一轮查询中来自每一个 RSS Server 所在域的总查询数据量是 S ,单位数据的查询处理时间是 t ,不妨假设查询平均地来自各个域,那么如果在集中式模式下单独一台 RSS Server 的处理时间就是 $N * S = NSt$ 。而在分布式实现下,按照我们的查询处理机制,假设查询请求中有比例为 a 的是对本域资源的,比例为 b 的是对非本域资源的

($0 < a < 1, 0 < b < 1, a + b = 1$)。那么由于分布式条件下 N 台 RSS Server 可以并行地处理查询请求,所以对于本域资源的请求,总的查询时间只有 aSt 。同理,对于每台 RSS Server 处理的由其他 RSS Server 转发过来的非本域请求,由于并行性,总的处理时间也只有 bSt 。系统的整个查询响应时间还有一块,就是 RSS Server 之间转发查询请求时在网络上的传输时间。假设任意两 Server 之间单位数据的单向传输时间都是 T ,那么传输开销就是 $2 * T * bS = 2bST$ 。这样,分布式模式下总的处理时间就是:

$$aSt + bSt + 2bST = St + 2bST \quad (1)$$

前面分析过,集中式模式下的总处理时间是

$$NSt = St + (N-1)St \quad (2)$$

比较(1)、(2)两式不难发现: N 和 t 越大, b 和 T 越小,分布式实现的处理时间上的优势就越明显。也就是说,组成分布式资源管理的 RSS Server 的数量越多,单位数据的网络传输时间相比较每台 RSS Server 的单位数据操作处理时间越小,整个系统中对非本域资源请求数量所占比例越小,分布式实现的效率就越高,相对性能就越好。换句话说,资源请求的并发性越高,网络通讯条件越好,传递的结果 Size 越小,系统的分布式程度越高,我们这种实现的性能就越好。

我们的实验条件是 $N=3, b=1/2$ 。实验中测得,当返回结果大小为 10^3 Byte 量级时,单位查询时间 t 与单位查询的返回结果的传输时间 T 之比约等于 $10:1$,结果为 10^4 Byte 量级时, $t:T$ 约等于 1。代入上面两式不难看出实验结果与两式反映的情况基本一致。即使单位查询结果的 Size 再增大 10 倍,达到 10^5 Byte 的量级,只要 N 增大到 10,或者 b 减小到 $1/10$ 的情况下,分布式的处理时间还是能保持在一个优于集中式、与 OPEN3000 相差无几的水平。

考虑在 PGP 系统的实际应用环境中,一次查询返回结果的大小与实验假设是比较接近的,很少超过 10^5 Byte 量级(则 T 不会太大);对本地区电力资源的请求和使用必然远远多于对辖区外资源的请求(b 会比较小);全网互联的大趋势下,就算以省调为单位,其分布式 RSS Server 的总数量也足够多(N 会足够大);更多的电力应用需求本身就带有极高的域内集中性和全网并发性;并且电力网络通讯专用的光缆连接和通讯协议的不断改进,都使得跨域之间的数据传输速度越来越快(T 减小),根据上两段的分析知道,以上这些因素都会使得分布式 RSS 的处理速度更占优势。所以,分布式的 RSS 实现在性能上完全可以适应电力系统发展的需要。

由以上实验和分析我们得出这样的结论:3 种实现方式中,集中式 RSS 机制的性能最低,并且随着查询数量的增加其性能的下降也最明显,不宜采用;分布式的 RSS 实现在实验条件下和可预见的大多数电力应用场合的性能是令人满意的,在部分条件下甚至优于 OPEN3000 接口,因此是可行的。

从更高的角度看,基于 TAG 的分布式资源管理机制在性能上不亚于传统的电力资源管理方式,同时具有更好的通用和扩展性,能兼顾层次和非层次关系的信息分类,使用户使用更方便,间接地提高了查询效率。

综上所述,基于 TAG 的分布式资源管理机制能够满足电力应用性能和可靠性的要求,有利于电力系统的资源共享和信息集成,是一种有效的实现方案。

结束语 互联电网广域分布的特点决定了电力调度管理的分布式体系,而电力系统海量异构数据的共享和交互需求使得借鉴网格技术的资源管理机制在新型电力调度自动化系

统平台中具有重要的作用。

新型电力网格平台 PGP 的设计和实现是江苏省软件和集成电路业专项经费项目《基于网格技术的调度自动化集成系统》的一个重要部分,目前我们已经完成了这个平台系统的开发工作。本文的研究是该平台服务和信息管理层的中心工作,主要提出了一种对传统树型目录进行改进的基于 TAG 的信息分类机制,使得用户检索具有层次和非层次关系的信息资源都能获得使用上的顺滑感和满意的结果。在此基础上,设计了一种分布式的资源存储和检索机制来实现这种基于 TAG 的分类,在兼顾性能的同时提高了整个平台资源管理服务的可靠性,使整个 PGP 平台能够很好地满足电力系统资源共享和信息集成的要求,对解决大规模电力系统的全网统一调度和分析计算问题具有推动作用。

今后的工作主要集中在两方面:一方面是在电力网格平台上开发以分布式潮流计算为代表的各种电力应用;另一方面是进一步丰富资源管理功能,实现平台级的任务调度、代码切片和计算协同。

参考文献

[1] 徐志伟,冯百明,李伟. 网格计算技术. 北京:电子工业出版社, 2004
[2] Foster I, Kesselman C. The Grid: Blueprint for a Future Compu-

ting Infrastructure. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999

[3] 辛耀中. 电力信息化几个问题的探讨. 电力信息化, 2003, 1(3): 20-23
[4] 赵遵廉. 中国电网的发展与展望. 中国电力, 2004, 37(1): 1-6
[5] 张伟, 沈沉, 卢强. 电力网格体系初探(二): 电力网格体系结构. 电力系统自动化, 2004, 28(23): 1-5
[6] Draft IEC 61970. Energy Management System Application Program Interface (EMS-API), Part 301. Common Information Model(CIM)-Base, 1970
[7] Foster I, Kesselman C. Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit. International Journal of Supercomputer Applications, 1997, 11(2): 115-128
[8] Howes T A, Smith M C. LDAP Programming Directory Access Protocol. Macmillan Technical Publishing, 1997
[9] Foster I, von Laszewski G. Usage of LDAP in Globus. <http://www.globus.org/research/papers.html>
[10] Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1. W3C, Note 8, 2000
[11] Tim O'Reilly. 什么是 Web2.0[J]. 互联网周刊, 2005, 40: 38-40
[12] Tag- Wikipedia, the free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Tags>
[13] 张伟, 沈沉, 陈颖, 等. 电力网格体系初探(三): 原型系统的设计与实现. 电力系统自动化, 2004, 28(24): 5-8

(上接第 97 页)

认证功能; AccountServlet 主要是模拟银行完成帐户的转帐功能; 而 MerchantServlet 则是模拟商家向用户提交订单; InitialServlet 完成会话密钥的生成和随机数的生成。在 Server 端还有其它的类, 如 AES, RSA, SHA-1 等等。

4.2 系统测试及结果

根据前面提出的安全方案, 我们在 sun one studio mobile edition 5 上实现了使用该安全方案的移动支付系统, 并在该系统上用 DefaultColorPhone 作为模拟器进行测试。系统采用的数据库是当前流行的 Oracle 9i, 通过 JDBC-ODBC 桥连接数据库。可以看出, 该安全方案是完全可以实现的; 系统所采用的轻量级密码算法基本不会影响到系统的速度。此外, 系统基本上满足了秘密性、完整性、可认证性、不可否认性、可用性等要求, 并且具备常用攻击如重放性攻击、中间人攻击、身份欺骗、窃听、数据篡改等)的防御能力。

系统的优点: ①与信用卡有关的敏感信息不用在有线和无线通道上传输, 保证了信用卡信息的安全性。②会话密钥的解密过程在手持设备上, 运算出的结果用 PIN 码加密后存放手持设备上, 即使手持设备被偷窃, 该信息也不会泄露。③系统采用轻量级的密码算法, 提高了系统的运行速度。④该系统具有很强的移植性, 凡是支持 MIDP2.0 的手持设备把该系统下载到本机即可运行。

结束语 移动支付在技术上涉及到多方面的安全性, 尤其是无线安全, 并且没有现存的基于 J2ME 的系统可参考。本文充分利用开放的安全算法源代码资源, 在比较国外已有的移动支付系统的基础上, 结合宏支付的特点及安全要求, 并考虑到 J2ME 平台本身提供的安全性, 精心选择了一套包括分组密码、公钥密码、Hash 函数和数字签名的密码算法。在此基础上提出了一个基于 J2ME 的移动支付安全方案, 来保证针对宏支付的移动支付系统的安全, 重点解决无线环境下的用户即手持设备端的认证问题。经分析及测试, 该安全方

案实现了其安全目标, 达到了认证移动设备的目的, 能抵抗目前已知的攻击, 且运行性能较优。

参考文献

[1] mobile payment forum, Ltd. mobile payment forum white paper. <http://www.mobilepaymentforum.org>
[2] Ashley P, Hinton H, Vandenwauver M. Wired versus Wireless Security: the Internet, WAP and iMode for E-Commerce. <http://www.acsac.org/2001/abstracts/the-1030-b-ashley.html>, 2001. 12
[3] Cervera A. Analysis of J2ME™ for developing Mobile Payment Systems. Master's Thesis. IT University of Copenhagen, 2002. 8
[4] 周展飞, 周典萃, 王贵林, 等. 电子商务协议的公平性. 电子学报, 2000, 28(9): 13-15
[5] 田建波, 王育民. 一种改进的认证逻辑. 电子学报, 1998, 26(7)
[6] Forum Nokia. What's in MIDP 2.0: A Guide for Java™ Developers, Version 1.0. <http://www.forum.nokia.com>, 2003. 9
[7] Forum Nokia. MIDP 2.0 Introduction, Version 1.0, 2003. 3
[8] lcrypto-j2me-127. tar. gz. http://www.bouncycastle.org/latest_releases.html. United Arab Emirates, paybox features world of mobile commerce in Dubai. <http://www.ameinfo.com/news/Detailed/46255.html>
[9] <http://www.chinaepayments.com/system/shownews.asp?id=390>
[10] Daemen J, Rijmen V. AES Proposal; Rijndael. AES Algorithm Submission, National Institute of Standards and Technology (NIST), 1999
[11] Housley R, Ford W. Internet X.509 Public Key Infrastructure Certificate and CRL Profile. IETF RFC 2459. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2459.html>, 1999. 1
[12] Freudenthal M, Heiberg S, Willemson J. Personal Security Environment on Palm PDA// IEEE Proceedings, 2000. <http://citeseer.nj.nec.com/freudenthal00personal.html>