

# 一个基于对等网的数据集成系统\*)

唐九阳 张维明 肖卫东 汤大权

(国防科技大学信息系统与管理学院 长沙 410073)

**摘要** 随着信息资源和计算技术在互联网上的大规模应用,如何在分布式计算环境下构建大型数据集成系统成为亟待解决的一个问题。通过分析将对等网技术应用于数据集成的优点,提出一种基于对等网的数据集成系统架构,并规划设计了该架构中数据集成的有效工作方式。最后指出了进一步研究的方向。

**关键词** 数据集成,对等网,协调中心,结点成员

## A Data Integration System Based on P2P

TANG Jiu-Yang ZHANG Wei-Ming XIAO Wei-Dong TANG Da-Quan

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

**Abstract** With the application of information resource and computing technique in Internet on large scale, it is urgent to construct large data integration system under the distributed computing environment. The benefit of the application of P2P in data integration is introduced and a data integration system based on P2P is proposed. On the following, the effective operating mode of the framework is designed and the future research direction is showed.

**Keywords** Data integration, P2P, Mediator, Peer

计算机网络的普及和 WWW 的迅猛发展,使得可访问的数据源的数量迅速增加。异构数据集成从解决各个独立的数据源之间不能有效地进行数据交换和共享的角度出发,旨在将多个自治、分布和异构的数据源集成在一起,为用户提供一个统一的访问界面,支持用户对集成的多个数据源进行全局查询<sup>[1]</sup>。

根据中间层的实现方法不同,当前异构数据集成系统可以划分为物化(materialized)集成系统和虚拟(virtual)集成系统两种<sup>[2]</sup>。其中物化集成系统以数据仓库<sup>[3]</sup>为代表,虚拟集成系统则采用 mediator/wrapper 结构<sup>[4]</sup>。前者本质上是传统的 DBMSs,对所有数据进行统一存储,主要适用于集中式的管理;后者虽然不存在数据中心仓库,但类似数据仓库系统采用集中式或多层体系结构,而且现有虚拟集成系统的构建需要设计完整的中间模式(mediated schema)。然而在大规模应用中,很难建立一个统一的全局模式,而且模式演化带来维护代价高、不兼容等问题,严重影响了系统的可成长性。

随着信息资源和计算技术在互联网上的大规模应用,分布式环境对数据集成提出了新的挑战。企业供应链管理、B2B 集成、电子政务以及科学界等大型项目在面对具体任务时,很难依靠单个数据源独立完成,它们往往需要多个数据源联合,共同完成特定任务并分享收益<sup>[5]</sup>。但是,这些大型应用中的各个自治、分布、异构数据源只愿意共享它们拥有的部分数据和服务并保持自身的相对独立性,以有效支持自身系统的演化,因此呈现出自治性强、非集中化管理、协作性强等特点<sup>[6]</sup>。面对这些挑战,如何在分布式计算环境下构建大型数据集成系统成为亟待解决的一个问题。对等网技术的出现,为解决这一问题提供了新的途径。

## 1 对等网技术的特点

对等网(Peer-to-Peer,简称 P2P)是针对 C/S 结构提出的

一种网络结构,这种网络中的所有结点是逻辑对等的<sup>[7]</sup>,各结点具有相同的责任与能力,通过结点之间的直接交换实现计算资源和服务的共享并协同完成任务。

近年来,随着 Napster、Gnutella 等互联网上文件交换对等网系统的巨大成功,对等网已逐渐成为研究和应用的一大热点,并广泛应用到资源共享、用户间协作、并行计算、电子商务等领域。由于对等网极好地满足了现代分布式环境的需求,正逐渐获得数据管理领域研究者的关注<sup>[8]</sup>。与其它技术相比,对等网应用于数据集成系统具有以下优点:

(1)健壮性好。传统数据集成系统中的服务器是服务的瓶颈,它的故障将带来整个系统的瘫痪。对等网中各结点同时扮演服务器和客户端两种角色,既为网络提供一定的资源,如信息资源、存储空间等,也能利用网络上其它结点的资源,不存在单点失效问题。

(2)可扩展性强。对等网中结点可以自由地加入和退出系统,这种特性使得它能够支持大规模的数据集成应用,为成千上万的用户提供服务,同时保证系统的柔性。

(3)易于维护。对等网中各结点管理并维护本地的数据库、应用程序和服务,以及决定提供服务的方式,大大降低了整个系统的维护代价。

(4)协同性好。对等网任意两个结点间不需中心服务器就可直接通讯,有效整合了分散资源,通过相互协作共同为一些大型应用服务,可以最大限度地集成系统现有的信息化成果,降低开发成本。

## 2 基于对等网的数据集成系统设计

### 2.1 框架设计

我们结合对等网技术的优势和数据集成本身的特点,在参考 Super-Peer 结构<sup>[9]</sup>的基础上,设计了一个基于对等网的数据集成系统框架,如图 1 所示。

\*)国家自然科学基金资助(60172012),湖南省自然科学基金重点项目资助(03JJY3110)。唐九阳 博士研究生,主要从事信息系统集成、对等网、智能决策支持技术等领域研究。

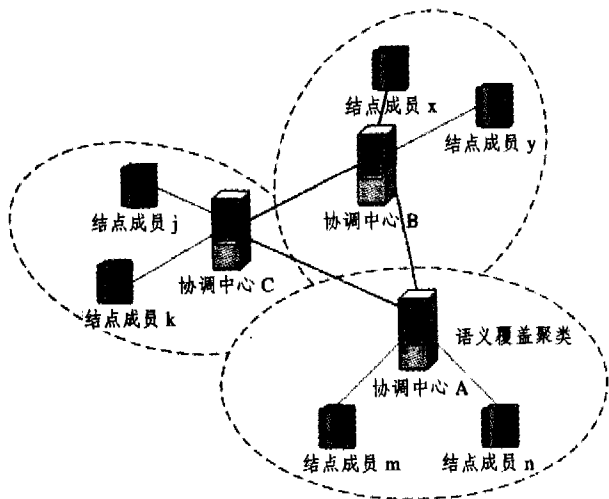


图1 基于对等网的数据集成系统框架

在大规模数据集成应用中,单个领域专家很难获知全部的领域知识,往往需要多个领域专家之间的协作。基于这种考虑,将数据集成系统的逻辑空间表示成按领域划分的语义覆盖聚类,其中每个语义覆盖聚类由协调中心和节点成员构成。协调中心相当于一个 Super-Peer,起节点成员注册中心和服务代理的作用。每个协调中心通过对一定领域内具有相同或相似模式信息的节点成员进行聚类,构成一个独立的语义覆盖网,协调中心之间基于语义关联也建立连接,这样整个形成一个物理网络上虚拟的语义覆盖拓扑。其中,同一个节点成员可以属于多个协调中心。

### 2.2 协调中心的设计

协调中心(图2)是整个集成系统的核心,主要模块功能描述如下:

(1)元数据库。存放协调中心的领域模型、节点成员的元数据,如节点成员标识、节点成员IP等,以及节点成员的模式信息与领域模型的语义映射。领域模型是对特定应用领域的抽象,采用本体描述。借鉴虚拟法数据集成系统中语义映射的描述方法,考虑到对等网数据集成系统的动态性和可扩展性,基于 LAV 方法<sup>[10]</sup>刻画节点成员与协调中心领域模型的语义映射。

(2)匹配模块。对节点成员进行语义聚类。由于协调中心的领域模型各异,针对各个协调中心设计独立的聚类策略。聚类策略由领域专家设计,以规则形式表示,指定节点成员参与聚类应当满足的条件。规则包含事件、约束和动作三部分。节点成员加入集成网络时,以任一协调中心为入口,将自身的模式信息传递到该协调中心。协调中心执行两项操作:首先基于本地的聚类策略和入网节点的元数据信息进行匹配,匹配成功则在元数据库中增加该节点成员相应的元数据和语义映射。然后在协调中心网络上广播该节点成员的元数据信息,与其它协调中心进行匹配,最终得到节点的所有聚类。

(3)JXTA 通信适配器。考虑到数据集成系统中各数据源的应用平台和应用系统的异构性,为了实现信息的互操作性和平台无关性,基于 JXTA 技术设计 JXTA 通信适配器,负责网络上所有节点活动的通信。譬如,发现新的节点成员和协调中心、加入和离开协调中心、发送和接收查询以及查询结果等。

(4)查询路由。协调中心是节点成员元信息记录的主体部分,负责查询路由,并协调整个集成系统内的查询服务。当

聚簇内的节点成员将查询请求通过 JXTA 通信适配器转移到协调中心时,查询路由模块利用存储的语义映射对查询进行重写(类似虚拟法集成系统中用视图回答查询<sup>[10]</sup>),确定与查询相关的节点成员。如果查询请求完全由协调中心解析,那么查询只包含协调中心内的节点成员;否则,协调中心将查询请求中无法解析的部分在协调中心网络上进行广播,寻求其它协调中心的协作,得到可能涉及多个协调中心的节点成员的查询重写计划。

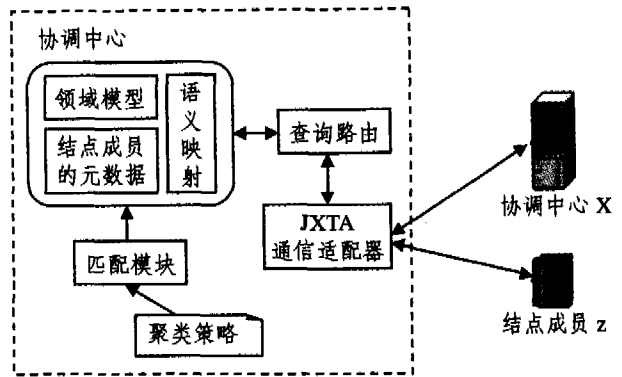


图2 协调中心结构

### 2.3 节点成员的设计

节点成员(图3)处于集成系统的下层,是数据源接入系统的通道,包含以下几个模块。

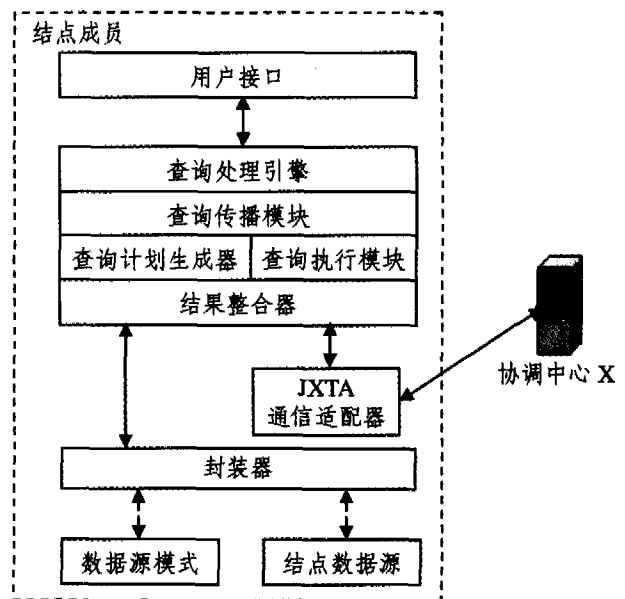


图3 节点成员结构

注:图中的实心双向箭头代表基于 XML 文件格式的 JXTA 消息通信。节点数据源和数据源模式与封装器的通信依赖节点数据源的数据模型,采用虚箭头表示。

(1)节点数据源。每个节点成员维护一个底层数据源,可以是关系型数据库、面向对象数据库或提供的服务,数据源模式是节点数据源共享信息的模式描述。

(2)封装器。对底层数据源模式进行封装,统一转化为关系模式,同时提供对节点数据源的访问函数。其中每个节点成员的封装器各异。

(3)用户接口。为用户提供查询接口并负责显示查询结果,用户通过用户接口提交基于节点成员本地关系模式或其它节点关系模式的查询。

(4)查询处理引擎。由查询传播模块、查询计划生成器、查询执行模块和结果整合器组成。查询传播模块负责将用户提交的查询传递到注册的协调中心,根据协调中心返回的查询相关结点信息,查询计划生成器,生成分布式查询计划。查询执行模块随后与查询相关结点建立管道连接并调用相应服务,由结果整合器对返回的结果在本地进行整合。

### 2.4 查询过程

集成系统中,每个结点成员至少在一个协调中心进行注册。客户基于结点成员提交查询请求,处理过程如下:

- 1)结点成员将接收到的查询请求传递到注册的协调中心;
- 2)基于存放的语义映射信息,协调中心对查询请求进行解析,对于请求中无法解析的部分,在协调中心网络上进行广播,经过各协调中心的查询重写,得到查询相关结点;
- 3)根据协调中心返回的查询相关结点成员以及相应的元数据信息、查询发起结点,生成分布式查询计划;
- 4)查询发起结点与查询计划中的结点成员建立管道通信,调用结点成员相应的服务;
- 5)查询发起结点对返回的结果进行整合。

由于查询任务在协调中心间得到分担,因此查询可用性

提高。而且查询消息仅在协调中心间传播,可大量减少查询消息数量,因此查询扩展性提高。

图4给出一个基于对等网数据集成系统中的查询处理示例。该集成系统有3个协调中心{A,B,C}和6个结点成员{P1,P2,P3,P4,P5,P6},其中各图形下方标识的是模式信息,如协调中心A领域模型对应的关系模式为{R1,R2,R3,R4},结点成员P2的关系模式为{R1,R5}。假定根据模式信息进行聚类,那么结点成员{P1,P2,P3,P4}属于协调中心A,其中P2同时在协调中心A、B中注册。

通过结点成员P1,用户提交基于模式{R1,R8}的查询请求。P1首先将查询传递给协调中心A(图4a),根据A中的语义映射信息,经过查询解析和重写,A得到模式R1的查询相关结点为{P1,P2,P3}。同时A将查询请求中包含R8的部分广播给相邻的协调中心B和C,C返回模式R8的查询相关结点{P6}。至此,协调中心A将查询相关结点以及相应的元数据信息反馈给P1,P1生成分布式查询计划:(P1∪P2∪P3)▷P6,并随后与P2,P3,P6建立管道连接(图4b),将这三个结点成员返回的结果在P1进行整合,得到最后查询结果。

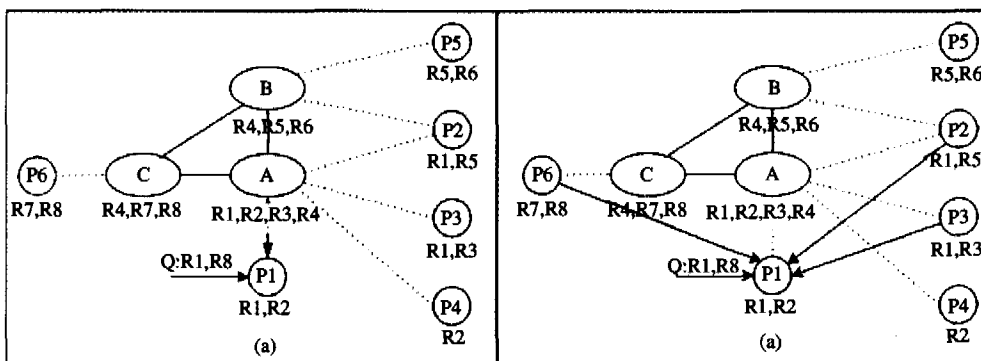


图4 基于对等网数据集成系统中的查询处理

**结束语** 随着数据集成应用从集中式向分布式的迅速发展,以构造大型分布式数据集成系统、提高数据集成系统的计算能力为出发点,本文提出一种基于对等网的数据集成系统架构。该体系架构通过划分应用领域设立协调中心,降低了集成系统构建的难度和维护成本,实现了互联网环境下数据源的松散耦合和集成。同时,由于集成系统中各数据源可以直接交换资源和服务,协同性大大增强,为提供快捷方便的服务提供了保证。

目前的研究工作只是指明了数据集成的一个研究方向,勾画出基于对等网的数据集成系统架构。数据分布、全局模式等网络全局知识的缺乏以及对等网高度动态的特性使得对等网数据集成系统中的分布式查询处理相比传统集成系统更为复杂。在未来研究工作中,我们将在以下方面进一步探讨:将主动查询处理<sup>[1]</sup>引入分布式查询计划生成中;基于代价模型和动态反馈对分布式查询计划进行优化。

### 参考文献

1 唐九阳,张维明,修保新,等.异构集成系统中双向查询规划的数据源能力描述框架[J].计算机学报,2004,31(4):170~172

2 Meng Xiaofeng. An Overview of Web Data Management [J]. Journal of Computer Research and Development, 2001, 38(4): 385~395  
 3 Inmon W H. Building the Data Warehouse [M]. second edition. Chichester(USA); John Wiley & Sons, 1996  
 4 Wiederhold G. Mediators in the Architecture of Future Information Systems [J]. IEEE Computer, 1992, 25(3):38~49  
 5 ZHANG Yan, SHI Mei-lin. A Description Model for Virtual Enterprise Cooperative Relationships Evolution [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003, 9(11):966~971  
 6 YUAN Zhanting, ZHANG Qiuyu, YANG Jie. Solution on Enterprise Application Integration Based on Web Services [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2004, 10(4): 394~398.  
 7 Oram A. Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies [M]. USA; O'Reilly and Associates, 2001  
 8 Gribble S, Halevy A Y, Ives Z, et al. What can databases do for peer-to-peer? [A]. In: WebDB Workshop on Databases and the Web [C]. June 2001  
 9 Yang B, Molina H G. Designing a Super-peer Network [A]. IEEE International Conference on Data Engineering [C]. India, 2003  
 10 Halevy A Y. Theory of Answering Queries Using Views [J]. SIGMOD Record, 2000, 29(4):40~47  
 11 Gounaris A, Paton N W, Fernandes A A A, et al. Adaptive Query Processing: A Survey [A]. In: Proc. 19th British National Conference on Databases (BNCOD)[C], 2002. 11~25