

廿一世纪数据库系统的未来研究方向

王 珊 王秋月 刘 方 罗 立 张 孝 编译

(中国人民大学数据库与知识工程研究所)

姚卿达¹ 屈定春 编译

(中山大学软件研究所)

关于数据库系统未来研究的第二次研讨会受到美国国家科学基金(NSF)的支持。参加这次研讨会的有二十多位著名的数据库专家,如中国数据库界熟悉的 Phil Bernstein, Mike Stonebraker, Jeff Ullman 和 Gio Wiederhold 等。1995年5月,该研讨会发布了研究报告:“Database Research: Achievements and Opportunities Into the 21st Century”。此报告内容丰富,对今后数据库的研究具有重大指导意义和参考价值。我们将其编译出来,供国内广大数据工作者、政府及企业界人士参考。

— 编译者 —

1 引言

1990年2月,一批数据库专家曾聚在一起探讨未来数据库研究的前景。那次会议的报告^[1]使人们认识了数据库研究的重要性以及尚存在许多富有挑战性的重大问题。1995年5月,召开了第二次研讨会,重新讨论数据库研究前景。这篇报告^[2]阐述了如下观点:

* 数据库研究工作为数据库的进步提供技术基础。

* 数字化信息爆炸导致了新一代数据库应用的产生,需要解决大致以下几类新的问题:多媒体对象的支持,信息分布,新的数据库应用, workflow 和事务管理,以及数据库管理和使用的简易性。

* 硬件能力、硬件容量和通信(包括 internet 或“Web”以及移动式通信)等方面的迅猛发展,要求数据库开展新的研究。

* 政府和工业界应大力支持数据库的基础研究,以迎接挑战。

数据库系统的核心是用计算机保存记录的系统。其基本组成部分有数据、硬件和软件。近年来其范围、规模和复杂性都大大增加了。

近五年,数据的复杂性日益增大。用数字和字符串表达的简单商务处理数据中又加入了大量的多媒体“文档”、图象、时间序列、过程的或“主动”的数据,

以及其他各种复杂的数据形式。

另外,低成本、高速度的硬件设备,已被广泛使用。磁盘和内存的容量逐年增大,成本逐年下降。

最后,新一类复杂的 DBMS 已开始出现,以满足新数据集的需求并充分利用新型硬件的处理优势。

现在,几乎每个企业都将计算机化的信息处理作为其运营中不可缺少的一部分。从环球网(WWW, 4.3节)到地球观测系统(EOS, 3.1节),整个世界都在联机并交换着信息。

第2节将探讨几个领域,这些领域的研究常常可追溯到十年或更多年以前,而在90年代上半期才开始影响产品。第3节将介绍一些新的数据库应用,它们将推动数据库的未来研究。第4节讨论进行研究的环境,第5节列出与会者深感必需开展的研究课题,第6节是结论。

本报告要阐明这样一个论点:数据库系统是当前发展中的信息管理的关键,因而对数据库研究的财政支持是值得的。本报告进一步证实资助数据库基础研究所获得的回报。数据库系统研究的历史清楚地说明数据库基础研究带来了商业上的成功,并创造了就业机会;理论的创立和工作原理的推出,将导致实验研究和原型实现,最后演化为商品。

2 近期研究成果

自1990报告以来,数据库市场有了许多新进

展。下面,简单列举一些主要的新发展。

2.1 面向对象和对象关系数据库系统

1990年时只有几个面向对象数据库系统(OODBs)的研究原型。对于这些系统的特性及其与关系系统的联系,众说纷纭。现在已有许多商业OODBs了。

同样在1990年,只有几个研究原型将关系DBMS(简单数据类型的SQL存取)和OODBs(复杂数据建模)各自的优点结合起来,创建了新型的“对象关系”数据库系统(ORDBs)以及“对象演绎”数据库(DOODB)系统。今天,这些思想和原型已被付诸实践,开拓了新市场。传统关系数据库厂商也正将其产品往此方向上转移。

2.2 新数据类型的支持

1990报告认识到新的应用需要新的数据,它不仅仅由简单的数字和字符串记录组成。现在,对于多种信息形式的研究成果已进入产品。

* 对空间数据的存储和检索的研究经历十多年后,现已用于商业GIS(地理信息系统)中。

* 现已提出许多扩展查询语言的方案以更好地支持时序数据,当前得到最广泛支持的是TSQL2方案,它是SQL-92的扩展。

2.3 事务处理

数据库管理系统的一个核心功能就是协调多个并发用户。DBMS研究界在70年代和80年代初的一项主要贡献是对事务管理的明确定义。但是,传统的事务管理并不完全适合今天的分布式信息系统。对于不同的事务管理策略和算法的研究可追溯到70年代,现在已开始出现成果。例如:

* 某些商业产品支持重复数据,同一信息的多个视图可存放在网络的不同节点上。

* 某些面向对象系统现在支持“长事务”,其中数据可被检出(chekced out)几小时甚至几天。

* 某些商业数据库系统还支持“版本和配置”,即维护有关对象的历史(该对象的所有“版本”),并将各对象的特定版本组合成“配置”。这些处理能力及“长事务”,都是对设计活动如软件工程的重要支持。

3 新的数据库应用

我们将简要讨论五种新一代的应用,它们需要系统具有新的能力。

3.1 EOSDIS

地球观测系统EOS(Earth Observing System)

是NASA(美国国家宇航局)将于1998年开始发射的一组卫星。其目的是搜集信息以支持地球科学家研究大气层、海洋和陆地的长期运动趋势。这些卫星每年将发回地球1/3PB(1000万亿字节)的信息。

这些数据将与来自其它数据源(如他国卫星或非卫星观测点)的数据和信息进行集成,并存储于EOSDIS(EOS数据及信息系统)中。这是一个规模空前的数据库。

EOSDIS准备同时满足科学家与非科学家的信息需求。例如,学校的孩子们可以通过存取EOSDIS信息来观看世界天气的模拟、火山活动的影响等等。EOSDIS计划提出了许多挑战,包括: * 提供PB级数据库的联机存取以及有效管理三级存储。 * 支持成千上万的信息消费者。他们发出大量的信息请求,包括即席随机请求和固定的日常更新命令。 * 提供浏览和检索数据的有效机制。

3.2 电子商务

现在有许多项目正试图使用联机目录浏览来进行电子购物。一般目标是使公司能向联机用户(可能以电子经纪人为中介)提供关于其产品的信息。经纪人能够从多个数据源聚集数据,例如收集所有关于服饰的电子目录,然后可以向消费者提供“one stop shopping”的服务。

如同EOSDIS,电子商务也包含大量网络交互的参与者。不同的是,EOSDIS包括一个主要供应者和许多消费者,而电子购物包括许多供应者和许多消费者,而且参与者互不信任,常常安装了专有的信息系统。这种环境下的挑战包括: * 异质信息源的集成; * 可靠的分布验证和资金传送。

3.3 保健信息系统

医生们在工作中需要多种信息。一个病人的医疗记录可能存在于多个医院、医务办公室和保险公司办公室中,病人的病史必须从这些地方搜集。有关医疗过程、药物、诊断工具以及其它辅助治疗的信息则可从多个系统和数据库中得到。

此外,医生为病人开的处方、诊断化验的记录以及保险和记帐信息,都能以电子化的形式被获取,以便日后使用。利用当前可用技术改造保健业,将会在保健成本、保健质量和普及等方面产生重大影响。为实现这个目标需解决的问题有: * 旧有信息的异质模式的集成; * 保证医疗记录机密性的存取控制; * 适合所有保健人员使用的各种信息界面。

3.4 数字化出版

出版业在今后几年里也将发生深刻变化。电子

地存储书籍和文章,并通过高速网络传送给用户将成为可能,而且出版物的概念已扩展到包括声、像、图、演讲、注解等各种形式的信息载体。其信息量使得PB级大小的EOSDIS数据库相形见绌。

出版业变化的一个必然结果是教育业更加靠近出版业。传统的课堂授课改为由教学产品直接为成千上万的学生服务。它们包含文本、视频播放和交互训练等功能,可满足学生的大部分需要。这些前景将推动以下的研究方向:

- * 以极高速度管理和发送极大量的数据,这些数据常常由超大对象(从MB到GB)组成,而且可能要求实时发送。

- * 知识产权保护,包括小笔支付的收取,和禁止信息转卖。

- * 超大量信息的组织和存取。

3.5 协同设计

现在,诸如飞机等大型工程是由一批相互独立的公司合作设计并建造的。工程的信息通常有几十年的生命期,以便今后的维护和修改工作。设计结果可在计算机上模拟,包括性能、组装的可行性以及正确性等。设计工作在工程施工前后都一直在进行,这使得有关信息的当前、暂时和历史的配置剧增。不同的设计方法一般使用不同的设计工具,而且设计工作的持续时间通常比工具的生命周期长。因此当设计工作结束时,可能是由同一工具的不同版本开发的。为此需要解决以下问题:

- * 不同信息源的集成问题,包括历史遗留的信息源。

- * 协同设计要求底层数据库中支持新式的并发控制和共享机制。

- * 由多人人机交互完成的处理过程,如设计和模拟,需要“工作流”(workflow)的管理方式,以保证长事务能正确合理地交互执行。

- * 支持各部件的多个设计版本,以及多个部件的设计版本组合而成的配置,见5.3.3节。

4 影响数据库研究的趋势

在提出数据库研究的课题之前,我们先介绍影响数据库研究的一些趋势,依次讨论硬件趋势、DBMS产品的方向、WWW。

4.1 技术趋势

五十年来,衡量计算能力的许多参数都有了指数级的增长。以下各参数曾每十年提高十倍或更多倍。1)每秒可执行的机器指令数;2)一般处理器的成

本;3)单位成本的二级存储容量;4)单位成本的主存容量。

这些关键部件的性能价格比的提高,使得每几年就可能解决一些新的问题,产生一些新产品和服务。

我们希望这一趋势能持续到下个世纪。最近几年,两个新的参数加入了这一呈螺旋式上升的趋势之中,它们也曾有所增长,但不象其它参数那样显著,它们是:单位成本可传输的位数和每秒可传输的位数。

新趋势的结果是产生了一个能以高效低成本的方式处理 $T(10^{12})$ 字节数据和复杂查询的环境。

4.2 数据库体系结构的趋势

过去五年里,数据库的结构和使用方式也发生了许多重大变化:

- * 到1990年,关系型数据库已经很好地取代了以前的方法,得到了最广泛的应用。

- * 客户/服务器体系结构已从文件系统转移到数据库系统。网络上对数据库服务器的远程存取将会变得更加普遍。

- * 五年前关系数据库存放的是基于记录的数据,现在又加入了各种“多媒体”数据。这种趋势正在促成ORDB的成功,并推动关系数据库厂商大大改进产品以处理更丰富的数据模型。总之,现在的仅是关系DBMS的系统,十年后将成为历史遗留的系统。

4.3 信息高速公路恰好穿过你的居室

当人们争论着“信息高速公路”或“国家信息基础设施”的本质时,Web—基于HTML的许多“文档”连接而成的一个非正式集合—正以极快的速度成长起来。

据估计,主动使用Internet的用户人数已超过美国人口的10%。随着VCR和声频CD等技术的发展,我们预期在突破10%大关的几年后,Internet的使用将普及到大多数人,Internet上可用信息和所用信息的规模将有几个数量级的增长,人人都会关心、提供和使用这些信息。

数据库和数据库技术将在这场信息爆炸中起关键作用。Web管理员(WWW站点的管理员)正在认识到他们就是数据库管理员。许多大型的Web站点已经转向DBMS技术,以跟上存储对象数量的不断增长。那些富有革新精神的站点已在使用Web作为基础设施,试验开发传统的DBMS应用,如电子目录。

5 新的研究方向

根据这个背景,与会人员提出了五类研究课题:将多媒体对象纳入 DBMS 的问题、信息分布的新模式问题、数据库的新应用、新的事务模型和数据库管理和使用的简易性问题。

5.1 多媒体对象的支持

Web 的爆炸性成长,EOSDIS,电子商务和数字化出版等提出了一系列未来数据库系统必须面临的挑战。以下是关于多媒体数据的主要研究领域:

5.1.1 三级存储。多媒体数据非常大,EOSDIS 或电子图书馆一类的新应用将含有 PB 级的数据量。尽管磁盘容量已有了指数级增长,但在可预见的将来,如此大的数据量也难于只存储在磁盘或磁光盘上。因此,我们将面临管理一个新的存储级别的问题,称为三级存储。第三级存储设备,在速度上比“二级存储器”(磁盘)要慢几个数量级,却有大得多的容量。三级存储设备包括 CD 机或磁带机。

在某种意义上,对三级存储的存取是通过把所选数据放在二级存储上进行缓冲,就象对二级存储的存取是通过把所选数据放在主存上进行缓冲来实现一样。不过,由于原始数据量和容积的不同,使得三级-二级转换的优化不同于二级-主存转换的优化。存取磁带不但比存取磁盘块慢三个数量级,而且如果要找的数据不在磁带开始处,还要再慢一至两个数量级。因此,信息在磁带上存于何处的问题就变得重要了。

5.1.2 新的数据类型。每一种多媒体信息(数据类型)都要有自己的一组最基本概念(操作和功能),一种高性能的实现,包括适当的数据结构和存取方法。各种面向对象系统在处理大文本对象的性能上差异很大。查找一兆字节的文本字符串的最后字符时,有些系统搜索整个字符串然后执行“找最后字节”的操作,而另外一些则能够只取出最后字节或该字符串很短的尾部。我们需要认真考虑:1)各类多媒体数据通用的操作,以及最终实现中的权衡;2)多种新类型数据的集成。

5.1.3 服务质量。将多媒体数据发送给许多用户时产生了新的研究课题。一般地,当数据很大时,存取和发送容易形成瓶颈。然而,大数据对象经常以一种可预测的方式被存取。例如,一个视频服务器一次向多个家庭播放影片时,可以假定每个请求将保持有效,并且按标准速率被发送,直到按了“停止”按钮为止。这样就能对基于预测的使用方式进行存取

优化了。

另外,一些多媒体信息的发送有严格的限制。例如,视频数据一般必须以某一固定速率发送,发送延迟会造成图片闪烁或扭曲等后果。一部影片的音频数据则受到更严格的限制。适当的算法能很好地插入视频帧,但插入丢失的音频却是不太可能的。更复杂的情形是:某些类型的视频/音频系统能够支持各种延迟或发送失败。例如,教授课程的视频播放通常可以忍受低于每秒一帧的速率,因为重要的显示信息也许仅是写在黑板上的或画在幻灯片上的。

对每一类多媒体数据都应考虑如下问题:1)如何最好地保证按所要求的形式及时、逼真地展示数据?2)当系统不能满足全部的服务要求时,如何合理地降低服务?能否插入或推知一些数据?能否拒绝新的服务请求或撤消旧的请求?

5.1.4 多解查询。传统数据库查询只处理精确概念,“123 次航班的目的地是哪儿?”或“帐户 45678 的余额是多少?”许多新应用的查询则使用一些较模糊的概念。例如,若想查看某一时间和地区的卫星图象,则必须向 EOSDIS 一类的资源索取“最佳”的匹配,即找一幅包含该地区且拍摄时间尽可能接近要求时间的图象。这就需要一种新的查询语言或对旧语言扩充,引入有关精确度和各种放宽查询需求方式的概念。

类似地,一些实验系统根据诸如形状、颜色或纹理等非精确定义的特征从图象数据库中检索图象。这类系统提供了通过内容,即图象、视频及其他媒体的内容,进行检索的可能,类似于现在通过值来检索字符或数值数据的能力,但仍要进行大量的研究。

5.1.5 用户界面的支持。SQL 或基于 SQL 的 Forms 用于存取传统的基于记录的数据,而多媒体数据通常需要新的用户界面。例如,查询地理或空间数据最好显示出空间,用户可在该空间上勾勒要查找的区域,因为它很难或不可能用 SQL 来表达。同样,5.1.4 节中提到的查询图象数据库时,也要通过一个可以描述颜色、形状和其他特征的界面,每种多媒体数据都有如何方便用户查询的问题。

多媒体信息要求我们开发浏览、查找和显示多媒体数据库内容的新方法。例如,一门课程可以被存储为几小时的视频数据。我们可能想知道这门课是否值得上,或想找到课程中有关某个主题的十分钟或一小时的有用资料。因而,必须提供适合的存取方法。有许多可能的方法,如样本帧、基于文本的索引或查找具有指定特征的段的能力。

要使用户快速有效地查看大数据对象的内容,将是下一代数据库系统的重要挑战。

5.2 信息分布

如前所述,WWW 是一个大型、自治的分布式系统,其结点正日益成为数据库系统。同样,数字化出版业也需要使用分布式系统,而该系统中客户与服务器之间的信任度较低。尽管分布式数据库系统已得到广泛研究,并且许多研究成果已转化为商品,但是 Web 形成的新环境要求重新考虑现在分布式数据库技术中的许多概念。

5.2.1 自治程度。通过网络连接在一起的数据库和其他信息源通常属于不同的参与者。自治的参与者向分布数据库系统提出了许多特殊问题。

一些参与者可能拒绝接受一个连接。不同的参与者以不同的能力使用系统,例如,一个设计系统可能通过分布式约束或规则来保证设计的一致性,这些规则的触发条件涉及多个自治的参与者。如果参与者在自己的系统中没有或不愿使用规则的话,我们如何监控哪些必要条件?

5.2.2 记帐和收费。在本地自治系统中,服务器可以因提供服务而索取相应的报酬。早期的分布式数据库系统则假定数据是一个公司或实体的私有资源,因而忽略了这一棘手的问题。

在“信息出售”的环境中,收费策略必须是可实施的,如“计量”(metering)法,客户要为每次存取远程数据支付小笔费用。有效地收集这类费用需要研究,显然事倍功半是没有意义的。

另一有趣的问题是关于查询处理策略和收费率之间的相互关系。例如,假设我们想获得有关恐龙的文献,地方博物馆可提供对此查询的免费服务,但不如商用文献目录服务提供的完整。我们希望查询机制能知道不同的费用,并首先向免费信息源提出问题,然后修改对昂贵信息源的查询,说:“请告诉我有关恐龙的所有参考文献,但下面我已知道的 2000 份除外。”商用服务不愿回答这一查询,因为查询包括大量工作却只有很少或几乎没有返回结果,从而得不到多少收费。因而,将收费策略、服务购买策略、“便宜”查询的算法以及管理记帐信息的算法相互联系起来的研究,存在着不少机遇。

5.2.3 安全性和私用性。包含许多自治参与者的分布式系统需要支持信息的安全性。私用性有时是安全性的动机。有时,数据的商用价值必须受到保护。例如分布式设计或电子出版业。一些重要研究目标如下:1)开发灵活的鉴定和授权系统,支持按“角

色”的存取。例如,一个人处于特定病人的医生角色时,应该有不同于仅仅是医生角色或公民角色时的存取权。2)找寻各种机制,以支持向大量身份未知的用户出售信息。

5.2.4 复制和一致化(reconciliation)。当网络断开而形成两个以上的部分时会发生什么,这是运行分布式数据库的一个基本问题。如果医生带着一份病人记录的拷贝登上飞机,他应该可以在其数据库中作注解(修改),尽管在飞机上他已经断开了与网络的连接。

分布数据库连接的各个部分应该继续尽可能好地独立运行,执行该部分能运行的查询和修改,而由多个部分执行的查询和修改则不能运行。

出于效率的考虑,数据通常被复制在多个场地。当网络处于连接状态时,可以保持备份一致。而在网络断开时,各备份可能变得不同。一旦重新连接,必须提供某种机制使各备份一致,生成一份体现了所有修改的拷贝。

分布式数据库的传统观点认为,网络很少断开,且重新连接和一致化各备份的过程复杂而费时。但在新的信息环境中,断开会频繁发生,如前面描述的例子,因而必须找到高速的一致化协议和算法。

另外,日益增长的对信息系统的依赖意味着许多应用需要 100% 的可用性,即所谓的 7(天)×24(小时)操作。提高系统可用性的问题包括改进硬件和软件的可靠性。而在数据库领域,我们需要研究复制体系来提高系统的可用性,以使系统在部分失败时仍能正确执行下去。

5.2.5 数据集成和转换。大范围的信息系统,包括许多信息资源的互连,这些资源的格式和模型多种多样。一般认为应该有某种集成符号和模型作为这些信息源的中介。每个信息源外面包一层部件,该部件进行本地信息源的模式和共享的全局模式之间的转换。

在不同的数据源间进行转换和集成引出了许多问题:1)集成模型应是什么样的?2)要使集成系统中任意信息源的使用就像使用独立数据库一样容易,哪些工具是必需的?3)如何扩展数据字典的思想以支持在异质、集成的信息源之间正确使用术语?4)可以通过使用“中介”(mediator)组成不同的信息源,该中介能执行规定的集成,还具有过滤或处理的功能。如何最好地利用中介的方法是一个重要的研究课题。

5.2.6 信息获取和发现。“Web”上将出现日益

增多的可用信息。Web 具有的非正式性和分布控制的特点与目前分布式数据库系统的结构和控制形成鲜明对照。这一新环境指出了用工具来集成异质信息的重要性。

然而,Web 的特性带来了进一步的问题,或者说早先关于异质数据问题的极端例子。例如,我们必须处理: * 模式不明确且随意变化的数据,或结构不规则的数据。 * 定义不精确,可靠性不明确的数据。 * 由于数据库技术在创建索引和其他支持结构化信息查找方面非常有效,因而我们必须扩展这些技术以适用于 Web 的非结构化环境。

5.2.7 数据质量。当数据输入机制不可靠时就有检验数据库内容是否有效的问题。新的应用通常使用来自众多资源的信息,而这些资源可能具有不同的可靠性,因而需要发明评估这些信息可靠性的方法。而且,我们必须能查询数据的可靠性或“出身”(起源)。数据的可靠性或出身应成为新查询语言中的基本概念。

5.3 数据库系统的新用途

传统数据库系统用于支持商业数据处理应用,近来出现了数据库技术的三种重要的新用途,每种用途都形成一种 DBMS 技术必须适应的新环境。这三种用途市场上称为“数据开采”(data mining)、数据仓库(data warehousing)和数据中心库(data repository)。

5.3.1 数据开采。数据开采即从大量的数据中抽取信息,这些数据通常是为了别的目的积累的。例如,航空公司通过开采它们的订票数据来设计飞行路线以保持飞机满载,从而大大改善飞行状况。

数据开采的查询具有一些独特的问题:1)它们一般包含大量数据的聚集。2)它们一般是决策制定者提出的即席随机查询,这些查询期望有意外的发现。3)在一些应用中,需要极快速的响应,它是用总的花费时间来衡量的,包括编写、调试和执行查询。4)用户常常不能给出一个精确的查询,他问的是“找出一些有趣的东西”。

因此,通过对以下几方面的研究可很好地为数据开采应用提供服务:

* 复杂查询(如包含聚集和分组的查询)的优化技术。

* 支持“多维”查询的技术,其中数据被组织在一个“数据立方体”中,它由某些感兴趣的“维”组成,如,与销售有关的“维”有:天、零件、颜色、仓库、供应商。

* 关于三级存储的优化技术

* 高级查询语言和界面,支持非专业用户进行即席随机查询。

5.3.2 数据仓库。数据仓库是来自一个或多个数据库的数据的拷贝。数据仓库有许多用途和方法。例如,商店可以在数据仓库中保存一份它的现金收入机所处理事务的拷贝,以用于数据开采。数据仓库可以存储来自许多数据库的全部或部分信息,以用于紧急需要。例如,地震工作者们在数据仓库中维护有关城市基础设施(公路、桥梁、管道等等)信息的拷贝,因为当需要这些信息以对地震灾害做出反应时,所需信息不可能通过远程存取受灾地点邻近城镇中的数据库而获得。又如将数据仓库用作集成信息的“实例化视图(instantiated view)”。在 5.2.5 节中我们提到了“中介”的建立,中介实际上是许多信息源的视图,这些信息源被集成为一个统一的整体,数据仓库可以通过物理存储集成的信息来代替中介;而中介,类似于视图,通过转交查询使得信息可用。

建立和使用仓库的问题有一些类似于信息集成的问题,另一些则较特别。如,我们需要:

1)创建数据泵(data pump)的工具,数据泵是居于信息源之上的模块,它从该信息源中获得更新信息(它们影响仓库中的信息),将它们转换成仓库的全局模型和模式。

2)数据擦除(data scrubbing)的方法,用以使数据一致,鉴别同一对象不同表示值(如,“Sally Jones”和“S. A. Jones”),和不能置信的值。

3)创建和维护元字典的机制,以告知用户如何获得数据。

5.3.3 中心库。中心库的特征是不但存储和管理数据,而且存储和管理元数据—有关数据的结构信息。例如支持计算机辅助设计(包括 CASE 系统)的数据库,文档管理系统等等,这些系统的特殊之处在于需要处理频繁变动的元数据,这是所有设计环境的一大特点。

* 中心库必须维护相同或相似信息的不断演化的一组表示。例如,一个程序模块可被表示为源代码、目标代码、中间代码、流程图、使用定义链(use-definition chain)和文档(documentation)。这些表示之间的联系应由中心库维护,这样对某对象一种表示的修改可以波及到此对象的其它有关表示。

* 中心库必须支持版本(某个部分在其演化过程中的快照)和配置(一组集合的版本)的概念。例如,一个软件系统的不同发行版通常构成一个配

置,这个配置由各源文件的特定版本组成。

* 中心库必须简洁地支持信息结构及其元数据的发展演化。例如,当增加数据的新特性和新联系时无需重编译。

研究目标是建立类似于今天 DBMS 的“中心库管理系统”。

5.4 workflow和事务管理

当数据库被用于当初未料想到的一些应用时,传统的事务模型产生了问题。

5.4.1 workflow管理。商务处理不但涉及使用数据库或其它信息资源执行处理的机器,而且涉及人,需要人的介入。例如,一个雇员填好一份旅行报告,秘书将其输入计算机,系统自动把它转换成偿还表,然后发送给管理员,他通过计算机同意或拒绝此表。若同意,则此表交给一簿记系统,记入费用并生成一张支票。另外,多媒体数据的出现更需要支持与 DBMS 紧密结合的 workflow 管理。数字化一篇纸上文件的任务涉及一系列人工干预的活动步骤,包括扫描、光符识别、错误检测,以及最终文件的登记。

上述例子表明,这些处理要求特殊类型的数据管理,以支持一系列相关事件。某些事件可能具有较长延迟,如那个管理员正在度假而他们的代理者正在吃午饭。事件可能有分支甚至回退,如表被拒绝但需更正后以得到同意。如同中心库,这些 workflow 系统也需要一种自己的“workflow 管理系统”以支持其特殊需求。workflow 处理也需要设计、创建和管理的工具。某些技术涉及 5.4.2 节中讨论的事务模型和系统。

5.4.2 其他事务模型。事务是处理单位,具有对传统数据库系统来说重要的特性,原子性(全做或全不做),可串行性(事务间没有交互作用),可恢复性(已完成事务的结果是持久的,即使系统突然崩溃)。这些特性在许多新应用中仍很重要,但实现事务的方法常难以使用。例如,某些应用包含很长的步骤,如 CAD 系统和 workflow 系统。

人们已经提出一些事务模型,包括嵌套事务模型,把长事务划分成较小的步骤,还有“长篇传奇”(sagas),能够撤消(undo)被后面步骤阻塞的那些步骤。下一步研究包括改进这些模型,以有效支持更多类型的事务,包括 CAD 和 workflow 应用,以及集成大量自治信息源时会产生的一些其他类型的事务。

5.5 易用性

下一代数据库管理系统需要改进对最终用户,

以及对应用程序员和系统管理员的界面。目标之一是数据库系统具有容易使用的电子数据表(spreadsheet),现在它们用作初步的数据库系统。

今天数据库管理系统的安装和升级是一项令人生畏的工作,因为 DBMS 庞大且复杂,而且底层的物理配置多种多样。我们建议研究建立智能工具以辅助系统管理员安装和配置系统,从而降低操作大型 DBMS 应用的人力开销。

与之有关的问题是对性能提高的智能支持。数据库公司接到的最多的求助热线电话是抱怨某某查询运行太慢,索引选择和数据库模式设计的理论通常可以解决这类问题,所需要的是一个电子的“物理数据库设计工具”。

6 结论

美国乃至世界的技术环境正在迅速改变,这些变化引起数据库技术基本领域的扩展。不断变化的信息需求越来越显示数据库技术的局限,因而数据库研究界必须快速积极地转入新的挑战领域。今天,数据库和信息系统中的研究机遇和需求都是空前的,然而用于数据库研究的基金水平却仍然低于其它类似领域。

我们预计了十年内学术界和产业界数据库研究中令人兴奋的成就,我们也期望政府和商业界积极支持发展这一关键的不扩展的领域,作出有力的反应。

参考文献

- [1] Avi Silberschatz, Make Stonebraker, Jeff Ullman. Database Research: Achievements and Opportunities Into the 21st Century, Report of a NSF Workshop on the Future of Database Systems Research, May 26-27, 1995
- [2] Gray [1995], <http://www.cs.washington.edu/homes/lazowska/cra/database.html>
- [3] Silberschatz, et al. [1990], Database systems, achievements and opportunities, SIGMOD Record 19, 4, pp. 6-22. Also in CACM 34, 10 (Oct., 1991), pp. 110-120
- [4] Toole and Young [1995], http://www.hpcc.gov/cic/forum/CIC_Cover.html