数据库

应用

计算机网络

37-41

下一代数据库应用

TP311.13

范明 编译

一、引言

* 1990年2月美国国家科学基金会(NSF)在加州 Palo Alto 召开了一次由数据库学术研究和工业界代表参加的工作会议。会议的主要结论是:

1. 支持 21 世纪初工业化经济的大量先进技术都将依赖新的数据库技术,而当前我们对这些新技术尚未很好地理解,并且需要深入和持久的基础研究。

2. 下一代数据库应用将与今天的事务处理数据库应用大不一样,将涉及更多的数据,需要新的能力,包括类型扩充、多媒体支持、复杂对象、规则处理和档案存储,并且需要重新考虑几乎所有的 DBMS 操作的算法。

3. 不同组织机构之间需要超大范围的、异种的、分布的数据库在通常的科学、工程和经济问题上的协同操作,非常困难的问题摆在以下方面:不相容数据库、安全性和分布的 DBMS 技术的范围剧增。

二、新的挑战

关系 DBMS,无论是集中还是分布式的,都进行了相当透澈的研究,商品化工作进展顺利。紧随面向对象的设计,对象管理的思想已被广泛考察,并将允许更一般的新类型数据元素添加到数据库中。硬件发展使 CPU、内存、磁盘价格逐年大幅度下降,因此九十年代部署数据库的费用将会明显降低。

但是,对于 2000 年和其后的重要数据库问题尚不知如何解决。由于预期的应用范围实在太广,今后十年硬件的发展也不可能成为有效地解决问题的巨大力量。

1.1 两个重要领域

两个重要领域是:下一代数据库应用和异种混合数据库。为了使未来的 DBMS 应用成为可能,有必要在这两个领域投入研究力量,这些问题本身就是智能挑战。此外,研究成果将为解决大量的重要社会和经济问题提供产品和技术,这包括改进医疗服务,发展设计制造系统,加强科学家们的研究工具,通过

增加对信息的存取提高每个人的生产率,和新的军事应用。

1.2 数据库应用的五个例子

1. NASA 科学家已收集了大量来自空间的信息。据估计仅存储九十年代几年中收集的卫星图象就要 10^{14} 数据存储空间(约一万张光盘)。为了便于未来的科学研究使用,不愿丢弃任何数据,现在还不清楚这种数据库如何存储,如何使用当前或即将出现的技术检索相关图象。

2. 数据库作为计算机辅助设计系统的主要支持,必须能够管理和集成项目的信息。例如,当电工在一个梁上打个洞以便电线穿过时,结构的承受能力将受到损害,设计系统应当重新计算强度,或者至少要提醒相关的工程师。

3. 美国国家健康协会(NIH)和能源部(DOE)业已率先开始了一项国家级联合研究,构造对应于人类基因组的 DNA 串。基因序列长达数十亿个基本长度单位,并且其中一些子序列定义了复杂的千变万化的对象。将一个人的健康问题与不同的遗传特性相匹配是一个令人难以置信的问题,并且需要数据表示和检索的新技术。

4. 许多大型百货公司已在其商业网中对每个商店记录了每位售货员的商品代码扫描情况。采购员在历史数据库上进行一些专门查询,以发现售货趋势,做出进货决策。这种应用耗费大量可用磁盘空间。然而,随着磁盘空间的费用降低,商业网将存放越来越多的历史数据,以更精确地记载购买习惯。这种由隐藏的模式“挖掘”数据的过程并不仅限于商业应用。我们预言,类似的应用通常具有更大的数据库,将出现在科学、医疗卫生、智能收集和许多其它领域。

5. 大部分保险公司都有一个联机数据库,记录着公司每个顾客的保险单。这些数据库很快将被多媒体数据加强,如财产损坏的照片、手写的索赔表格的数字化图像、评估者估价的录音、特殊的保险物品的图象等。图象数据都非常大,数据库将会变得相当庞大。此外,未来的系统可能存放与一个房主保险单

相关的房屋的内部摄像,将进一步加大了这类数据库。同样,这类应用也不仅仅限于商业目的。

这些应用不仅提出了量的问题,而且对所有的传统 DBMS 技术也提出了新的需求(如存取模式、事务处理、并行控制和数据表示等)。这些应用都有一个共同的性质:将把可以预见的未来可用技术推到极限。随着计算资源的日趋便宜,这些问题都可能以同样或更快的速率加大,因此,不可能靠等待计算费用降低到可接受的水平来克服这些问题。

三、下一代 DBMS 研究的重要课题

3.1 数据的新类型

许多下一代应用需要存储大而复杂的对象。在保险的例子中,需要存放图像,科学和设计数据库常常需要处理很大的数组或数据元素序列,软件工程数据库可能需要存储程序语句,而化学数据库可能需要存储蛋白质结构。我们需要解决两类问题:数据存取和数据类型管理。

当前数据库对于传送小记录到应用程序是优化的,但当一个记录的域变得非常大时,这种格局就被打破了。对于大对象,DBMS 应当只读一次并且直接把它放到最终目的地。必须设计一种协议将一个大大对象分割成应用处理可以管理的一些小块。新一代查询语言应当支持数组和序列数据上的查询。此外,需要扩充的存储结构和索引技术,以支持这种数据的有效处理。

对于类型管理,必须有一种方法让程序员能构造适合于其应用的类型。需要更加灵活的类型业已成为面向对象数据库开发的主要动力之一。迄今为止所开发的系统的缺点之一是,类型检查大多是动态的,编程错误多半在运行而不是在编译时查出。为了给数据库应用设计者提供像当今高级程序设计语言那样的安全性,我们必须确定如何将静态类型规范与永久性数据和数据库结构的进化结合在一起。

3.2 规则处理

规则具有说明的(如果 A 为真,则 B 为真)和命令的(如果 A 为真,则做 C)形式,下一代应用常常涉及大量规则。如果第二个设计者的修改可能影响第一个设计者负责的子系统,则应当通知第一个设计者。这类规则可能包括设计者想要强加的限制,当一个特定的事件发生时需要触发动作以及在系统内部自动进行复杂的演绎。通常称这样的系统为知识库系统,尽管我们更愿意把它们看作 DBMS 技术的一种自然的(哪怕是困难的)扩充。

规则作为触发、数据采掘机制和关于数据推理的其它形式受到了极大关注。说明性规则具有很大优点,提供了用户想要什么的说明,而不是如何得到结果的详尽描述。类似地,命令或规则可用于陈述某种行动的条件。象 SQL 这样的关系查询语言的说明性已被广泛强调,并且希望将这一思想扩充到下一代查询语言中。

传统地,规则处理由一个称作专家系统外壳的分离子系统来做。然而一些应用不可能由分离的子系统有效地处理,应当直接由 DBMS 来做。我们需要在如何指定规则和如何有效地处理大型规则库方面进行研究。尽管 AI 界对这些课题已进行了大量工作,但是研究集中在假定所有相关数据结构都在内存中的方法上。下一代应用太大了,这种技术不实用。

我们还需要一些工具,以检验大量规则的合法性并查出其中的错误。在一个大型系统中,增加一条规则就可能知识库的不相容性,或导致混乱和意想不到的影响。我们需要一些技术,将规则集分解成可管理的成分,并防止(或以一种有用的方式控制)这种不相容性。

3.3 数据模型的新概念

许多新的应用都将涉及当前大部分应用中未出现过的一些基本概念,并且应当引入特定的或扩充的查询语言中。这涉及有效实现到重要的基础理论一系列问题,例如:

空间数据 许多科学数据库以二维或三维的点、线、多边形为基本数据。一个典型的查询是找出一个给定的数据元素的最邻近的 10 个近邻。解决这类查询需要复杂的、新的多维存取方法。在此方面已经做了大量研究,但大多都是针对主存数据结构的(如,4 叉树,和段树(segment tree))。面向磁盘的结构(如 K-D-B 树和 R-树)对于现实世界的的数据,性能并不好。

时间 在一些探测性应用中,人们可能希望提取和考察过去某一时刻的数据库状态或提取特定数据值的时间历史。工程师、零售商和物理学家都需要不同的时间概念。尽管已开发了一些研究原型和专用系统,但当前的商品化 DBMS 还都不支持关于时间的代数。此外,对于不同系统,甚至什么是“时间间隔”都无统一意见。例如,它是离散的还是连续的,无终止的还是封闭的?

不确定性 有些应用,如卫星照片的特征识别,需要加上数据代表某种特定现象的可能性。不确定

推理,特别是必须由一些相关部分或可供选择的结果推出结论时,是一个很难的问题,AI界已经研究多年,只有部分结果。进一步研究是必要的,我们不仅需要处理具有有限可靠性的数据,而且还要处理巨量数据。

3.4 巨型数据库

下一代应用所需的数据库常常比今天最大的数据库还大几个数量级,有必要将DBMS的所有算法按比例放大,以便在下一代应用所需的数据库上有效地操作。大于 10^{12} 字节的数据库将是常见的,当前的DBMS结构不能加大到这么大的规模。例如,当前的DBMS在一个关系上建立新索引要先将它锁住,再建立索引,然后释放锁。对于一个 10^{12} 字节的表建立索引可能需几天时间,因此,必须设计一些算法,逐步地构造索引而不致使被索引的表不能访问。

类似地将1太(10^{12})字节的数据库转贮到磁带上也将需要数天时间,显然必须逐步做,而不使数据库脱机。由于磁头故障或其它原因导致数据库被损坏时,传统的算法是由最近转贮在带上的信息来恢复,并使用数据库日志把它恢复到当前状态。然而,读1太字节的转贮需数天时间,恢复时间无法接受。因此,必须寻求对超大型数据库的备份和恢复的新方法。

3.5 并行机制

下一代应用设计者期望的特定查询将需要很长时间处理,扫描一次1太字节的表可能需要数天时间,显然,对一个用户来说,在星期一上午提出一个查询一直等到星期四才给出回答是不合理的。

首先,想像1太字节的数据库存放在一组磁盘上,有大量CPU可用,目标是以接近线性加速处理用户的查询,即,查询的处理时间反比于处理机和磁盘个数。为了获得线性加速,DBMS的结构必须避免瓶颈问题,并且存储系统必须确保相关数据散布在所有磁盘驱动器上。此外,并行处理一个用户的命令使其执行较快,它将占用较大比例的可用资源,将对其它并行用户不利,并且由于多个查询竞争有限资源,可能导致系统颠簸。并行机制的多用户方面的研究尚处于摇篮阶段。

另一方面,如果查询的表驻留在档案中,可能需要另一种并行机制。如果没有索引来加快搜索,就需要顺序扫描。在这种情况下,DBMS应当在进行一次数据扫描时尽可能多地并行计算一些查询。

一般地,发展一种在并行计算机存储层次结构中移动数据的实用理论仍然是一个挑战,下一代数

据库应用提出的这一挑战将迫使计算机科学家面对这些问题。

3.6 三级存储和长事务

不久的将来,超大型数据库将需要把二级存储器(磁盘)和档案或三级存储集成到DBMS中。所有当今商品化的DBMS都要求数据驻留在磁盘或主存。当数据的一部分在档案中时,将来的系统不得不处理更复杂的查询优化问题。当前的档案设备都有一个很长的等待周期,因此,查询优化程序必须选择一种策略,避免存储介质之间数据的频繁移动。此外,DBMS还必须优化数据记录在档案中的放置位置,以降低顺序提取时间。最后,在这样的系统中,磁盘存储器可以作为档案对象读写的高速缓存。需要一些新算法智能地管理三级系统中的缓冲。

下一代应用常常以简化协作的、交互的数据库访问为目标。传统的事务模型假定事务都很短,或许若干分之一秒。然而,一个设计者可能锁住文件一整天,进行重新设计。当事务长达数小时、数天时,我们需全新的方法维护数据的完整性、共享数据和恢复数据。

3.7 版本和结构

有些下一代应用需要表示单个概念实体的替换或后继状态的对象版本。例如,在一个支持工程设计的数据库中,电路图的大量版本可能出现在大楼的设计、建筑和维护期间,并且由于预算或法律上的原因,可能需要保存所有的版本。此外,需要维护诸如照明电路图、采暖线路图、总体设计和详细设计图等结构的一致性。

尽管在不同领域都讨论和提出了一些版本的结构模型,但很少被实现。在构造版本管理的有效空间算法和确保结构一致性技术方面,还有许多事情要做。

3.8 异种、分布式数据库

现在已存在一个世界范围的电话系统和一个世界范围的计算机网络系统。计算机网络领域的理想主义者正在谈论单一的、世界范围的文件系统。类似地,我们现在应当开始考虑一个单一的、世界范围的数据库系统。由这种数据库系统,用户可以获得由提供者提供的任意课题的信息,在这种系统上商业交易可以用一致的方法处理。尽管这种实现还需要一代人,但我们现在能够,也必须开始与其它国家合作开发基础技术

确实,有大量应用现在正变得可行,并且将推动世界范围的信息连接所需的技术。例如:

(1)在自然科学的许多领域正在进行一些合作研究,需要多项目数据库,一个合作(collaborative)数据库就产生了。人类基因组项目就是这种现象的一个例子。

(2)一个典型的承包商有一批支持该项目各部分的子承包商。承包商想有一个单一的项目数据库,概括由承包商和子承包商管理的项目数据库和各部分。

(3)汽车公司希望让供应商支持拟议中的新汽车设计,据供应商所能提供的部件费用的早期反馈信息,实现最高性能价格比的汽车设计和制造。然而,这一目标需要数据库跨越多个组织机构,即需要跨公司数据库。

这些例子都涉及将多个组织机构(常常跨越公司界限)的数据库集成为一个单一数据库,其中所涉及的数据库是异种的、分布的。使异种的、分布的数据库像单个数据库一样工作的问题通常称为互通性。我们用两个很简单的例子说明在这种环境下出现的问题。

例1 考虑一个科学计划管理者,他希望找出在美国的计算机科学博士生,有100多所学院授予计算机科学博士学位。我们相信这些学院都有联机的大学生数据库以供其查询。此外,从理论上讲NSF计划管理者可以发现如何访问所有这些数据库,然后在每个站提出正确的局部查询。

不幸的是,对这100多局部查询回答之和不一定是他的整个查询的回答。有些学院只记录全日制学生,而其它的则记录全日制和非全日制学生。此外,有些学院区分博士生和硕士生,而有些不区分。有些学院可能错误地忽略某些类学生,如外国学生,有些可能错误地包括了诸如在EECS系的电气工程方面的学生。根本问题是这100多个数据库在语义上不一致。

例2 考虑如Michelin指南这样的旅游助理电子版。大部分人在假期旅行时要询问两个或多个这样的旅行指南,旅行指南上列出了旅馆/饭店的价格和质量。显然,人们可能会问太平洋饭店的一个房间的价格,而每种指南多半会给出不同的答案。一个可能给出去年的价格,另一个可能给出的是含税的价格,而第三个的价格可能含吃饭。对于用户的查询,必须把得到的每种回答作为一种依据,然后把这些依据融合一起,形成对用户查询的最佳答案。

为了适当地支持异种、分布的数据库,还有一些困难的研究必须完成。

3.9 浏览

假定前面提到的存取问题均已解决,用户具有一种一致的查询语言可以用于任何一个单独的数据库,或者可以用于一组数据库的某种合并形式。若检测到不一致性或者发生信息不够(对于某个查询),我们不能简单地放弃。某个系统有必要向用户解释数据如何进入这种状态,特别是,这些数据来自什么数据库。借助于这种信息,就可能过滤掉非法的数据成分,得到查询的有意义回答。没有这种信息,难以值得信赖。这样,我们需要支持浏览,即有能力解释数据库的结构,并且当多个数据库合并时解释数据合并过程。

3.10 不完全性和不一致性

前面的例1和例2指出了语义不一致性和数据合并的问题。在例1中,每个有关的数据库设计时都未考虑协同操作目标,因此不存在单一的总体模式。相反,应当重视个体间的不同,包括单位的不同。例如,一个数据库可能给出研究生的工资按美元/月为单位,而另一个记录年薪。在此情况下,可以使用一个转换以得到合成的一致性的回答。更严重的是在不同的数据库中,非全日制学生的定义可能不同,这种差别可能导致语义合成回答的不一致。最糟的是局部数据库可能忽略诸如外国学生数据这类信息,因此是错误的。

将来数据库的可协同操作性需要在这些语义问题上取得重大进展,我们必须本质上扩充DBMS使用的数据库模型,以包括每个数据库中的更多数据语义的语义信息。在扩充数据库模型方面应研究表示这种信息的形式。

3.11 协调程序

由于合并和语义不一致性问题如此严重,因此在用户和异种数据库之间需要一类信息。例如,如果有充分的必要,创建一个“CS Ph. D协调程序”将是有意义的,它就像一个一致的统一的数据库,包含了在计算机科学系的100多个局部数据库实际站点的信息。一个旅行顾问通过将旅行指南、旅馆、出租汽车公司等各种不同的数据库合并来提供信息,在商业上是可行的。也许,在所有应用中,最有价值的是提供世界图书馆信息(至少提供业已存放在计算机系统部分)的协调程序。

协调程序对于没有机会学习查询语言和数据模型细节的人来说必须是可访问的。这样,对于语言和模型标准达成某种一致尤为至关重要,有必要在标准化颁布之前进行广泛实验。数据的自描述是另一

个重要的研究问题,这方面的研究将使得对不熟悉的数据的访问成为现实。

3.12 名字服务

NSF 程序管理者必须能够查询一个国家的名字服务(name service)以发现所关注的数据库或协调程序的地点和名字。类似地,在交叉学科工作的科学家必须能够发现在另一学科积累的相关数据。这种名字服务的机制和这种系统的组织是一个尚未解决的问题。

3.13 安全

安全是当前 DBMS 的一个主要问题。异种性和分布性使这个尚未解决的问题更加困难。一个公司可能希望其数据库的部分数据对于某些特定的团体是可访问的。如前面提到的汽车公司,它向可能的供应商提供初步设计信息。当然,汽车公司不希望同样的设计被其竞争者访问。并且不希望外界访问它的工资数据。

认证是进行数据库访问的可靠标识。一个异种、分布的数据库系统需要处理各种信度的多认证者。数据库系统必须阻止向伪装为授权用户的远程系统开放。我们预见,需要委托的安全性和深入到转换通道分析的研究,以保证分布的、异种数据库系统不增添用户对其数据的安全性和完整性的担忧。

一个广泛分布的系统有数以千计或数以十万计的用户,一个给定的用户在不同的系统可能以不同的办法识别。此外,访问许可可以基于角色(例如,当前公司的会计)或访问站实现。最后,站点可以充当用户的中间代理,数据可能在这些中间站点传递和操作。一旦一个访问被允许,它可能受扮演用户行为的人的影响。当前的授权系统显然需要进行实质的扩充,以处理这些问题。

3.14 站点膨胀

安全性问题只是站点膨胀的问题之一,在大型分布的 DBMS 中需要重视。当前的分布式 DBMS 查询处理、并行控制和多拷贝支持算法是对为数不多的站点设计的,必须重新考虑以处理 1,000 或 10,000 个站点。例如,有些查询处理算法通过搜索所有的站点来定位,在一个大型网络中,该方法显然是不可行的。另一些算法要求网络中所有的站点都是可操作的,但在任何给定的时间,在 10,000 站点的网络中,有一些将不可操作。最后,有些查询处理算法通过考虑所有可能的站点并选择总体花费最少的

来优化连接操作。在站点非常多时,查询优化的程序在所有站点以这种方式循环,其查询优化的时间可能比执行查询的时间更长。

功能强大的台式计算机,随着其使用,将更多地成为响应和执行查询的最便宜手段。随着站点数量和站点间距离的增加,确保合理的用户响应时间越来越困难。台式计算机上的远程数据的局部高速缓存和局部数据副本将越来越重要。有效的高速缓存管理是一个尚未解决的问题。

3.15 事务管理

在一个异种的、分布的数据库系统中,事务管理是一个困难的问题。主要问题在于,局部数据库管理系统每个都可能使用不同类型的并行控制模式。将这些模式集成起来是一个具有挑战性的问题。如果我们希望保持每个局部数据库的局部自治,并且允许局部的和全程的事务并行执行,该问题更加困难。

一种最简单的解决方法是限制全程事务只做提取数据访问。然而,在一般情况下,全程和局部事务都允许读和写,可靠的事务管理问题仍尚未解决。

四、结论

下一代数据库应用将与当前的事务数据处理数据库大不一样。它们将具有多得多的数据站点,需要诸如类型扩充、介质支持、复杂对象、规则处理、和档案存储等新的能力,并且将迫使我们重新考虑几乎所有的 DBMS 操作算法。此外,在共同问题上不同组织之间的协同操作将需要异种的、分布数据库,这种数据库给以下领域带来了更困难的问题:查询语义不一致的数据库,安全性,和分布 DBMS 技术范围扩大到大量站点。这样,数据库系统的研究对计算机科学家提出了新的智力挑战,并且希望提供成果性技术,使得在商业、科学、医学、防御和其它领域的新的更广泛应用成为可能。

迄今为止,数据库工业界在将科学思想转换成主要产品方面已表现了令人瞩目的成功。随着数据库界应付这些挑战,鼓励高层次的研究是至关重要的。

主要参考文献: A. Silberschatz, M. Stonebraker and J. D. Ullman, Database Systems, Achievements and Opportunities, Communication of the ACM, Vol. 34 No. 10, Oct. 1991, pp94-109