

文章编号: 1005-0523(2007)02-0121-03

分布式数据库系统的查询优化策略研究

刘冰, 李正凡

(华东交通大学 信息工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 在分析比较分布式数据库系统和集中式数据库系统查询优化目标不同特点的基础上, 归纳出分布式数据库系统的查询优化目标, 进而提出查询优化的策略, 并在举例中重点讨论了操作执行顺序的不同对查询性能的影响.

关键词: 分布式数据库; 分布式查询; 查询优化; 查询处理策略

中图分类号: TP311

文献标识码: A

1 引言

分布式数据库系统是计算机网络技术与数据库技术互相渗透和有机结合的产物. 具有数据独立性、集中与自制相结合的控制机制、适当增加数据冗余、事物管理的分布性等特点. 在分布式数据库系统中, 数据独立性除了数据的逻辑独立性与物理独立性外, 还有数据分布独立性亦称分布透明性. 分布透明性指用户不必关心数据的逻辑分片, 不必关心数据物理位置分布的细节, 也不必关心重复副本的一致性问题, 同时也不必关心局部场地上数据库支持哪种类数据模型. 有了分布透明性, 用户的查询程序书写起来就如同数据没有分布一样, 使系统使用起来更简单、有效.

在集中式数据库系统中, 为减少空间的浪费和保证数据的一致性, 要尽量减少数据的冗余, 而分布式数据库系统却希望增加数据的冗余来提高系统的可靠性、可用性和改善系统性能. 但是由于数据的分布和冗余, 使得分布式数据库系统查询处理增加了许多新的内容和复杂性, 因此分布式查询处理的优化显得更为重要.

2 分布式数据库系统查询优化的目标

在集中式数据库系统中, 查询优化的目的可以总结为以下3个方面^[1]:

- (1) 为每个用户查询寻求总代价最小的执行策略.
- (2) 总代价是以查询处理期间的CPU的代价和I/O代价来衡量.
- (3) 总代价最小就意味着查询的响应时间最短.

从上可看出, 在集中式数据库系统中, 一个查询策略的选择是以执行查询的预期代价为依据的. 由于系统大都运行在单个处理器的计算机上, 所以查询执行总代价为CPU代价加I/O代价. 而在分布式数据库系统中, 由于数据分布在多个不同的站点上, 使得查询处理中需要考虑站点间传输数据的通信费用, 所以除了考虑CPU代价和I/O代价之外, 还应该包括数据在网络上的传输代价. 所以, 在分布式数据库系统中, 常以两种不同的目标来考虑查询优化^[2]: 一是以总代价最小为标准, 除了像集中式数据库系统一样考虑CPU代价和I/O代价之外, 总代价还包括数据通过网络传输的代价; 二是以每个查询的响应时间最短为标准. 因为分布式数据库系统是由多台计算机组成的系统, 数据的分布和冗余也增加了查询的并行处理的可能性, 从而可以缩减查询处理的响应时间, 加快查询处理速度. 这样, 分布式

收稿日期: 2006-10-18

查询优化可用以下4个参数来衡量:

- (1) CPU 代价,即占用的 CPU 处理周期,记做 C_{cpu} ;
- (2) I/O 代价,记做 $C_{i/o}$;
- (3) 通信代价,记做 C_{msg} ;
- (4) 传输的数据代价,记做 C_{bt} .

由此可见,虽然在分布式查询处理中也使用某些集中式查询处理中的技术和方法,但就其问题的规模和优化的因素而言都与集中式查询处理有质的不同.

3 分布式数据库系统查询优化的策略

一般来说,在分布式数据库系统中查询优化主要考虑以下几个策略:

(1) 操作执行的顺序

操作执行顺序的改变主要指关系运算及集合运算顺序的改变,它们常常对查询的性能产生重要的影响.

(2) 关系的存取方法

在 RDBMS 中,关系的存取有两种方法:扫描整个关系或使用索引.如果关系中 90% 的元组要被访问,则扫描整个关系是较好的;如果只有 10% 的元组被访问,则使用索引是更为有效的方法.

(3) 操作的执行算法(特别是联结操作)^[2]

联结操作是将两个关系在指定的公共属性上以相同值为依据进行元组合并,生成的结果元组来自于对应的两个关系,通常有多种:自然联结、等价联结、外联结和半联结等.

(4) 不同站点之间数据流动的顺序

在多站点中,合理地选择数据的流向可极大地减少通信量,从而达到减少查询代价的目的.执行查询优化的方法有两种:第一是查询转化,即以不同的顺序执行关系操作,如联结和投影操作;第二是查询映射^[3],即使用一系列高效的算法来存取各种设备(如采用索引)和实现关系操作.

执行分布式查询优化的行为有两种^[4]:一是由系统自动执行,二是由程序员编写的程序来执行.虽然系统自动优化是我们所期望的,但它通常不够健壮,有时系统优化器优化的过程中不知道如何进行联结操作,因此好的程序是必要的.

下面通过一个简单的分布式数据库的例子,说明查询转化操作选择的作用,讨论策略的选择是如何影响 CPU 及数据传输代价的.

4 举例

以一个简单的分布式药品采购数据库系统为例,通过对两个站点上的三个关系进行简单的联结操作,说明查询策略优化的重要性,两个站点上的关系分配如表 1 所示.

表 1 站点上的关系分配

站点	关系
A	药品 YP(品号,品名,剂别,规格)
	采购 CG(品号,药厂编号,数量)
B	供应 GY(药厂编号,厂名,产地)

现在要查询的是所有采购产地为武汉且剂别为冲剂的药品品号、名称和数量.

为了便于计算,假设:关系 YP 中有 5 000 个元组,其中冲剂为 500 个;关系 CG 中有 5 000 个元组;关系 GY 中有 10 000 个元组,其中产地为武汉的有 400 个;是冲剂且为武汉产地的有 200 个;所有的通信线路对于每个元组的传输开销相同,每个元组传输开销为 C_{bt} ;通信延时不计;两个元组比较和联结操作占用 CPU 的总开销为 C_{cpu} .

第一种操作顺序策略 将 YP 关系和 CG 关系进行 JOIN,再将结果传送 B 处,与关系 GY 进行 JOIN.开销为:JOIN 操作,YP 关系和 CG 关系进行 JOIN $5\ 000 * 5\ 000 C_{cpu}$ (满足冲剂的元组为 500 个).上述结果和 GY 关系进行 JOIN, $500 * 10\ 000 C_{cpu}$.传输操作: $500 C_{bt}$.总代价为: $5000 * 5\ 000 C_{cpu} + 500 * 10\ 000 C_{cpu} + 500 C_{bt}$.

第二种操作顺序策略 将 YP 关系送到 B 和 GY 进行 JOIN,再将 CG 关系送到 B 和前面的结果进行 JOIN.开销为:JOIN 操作,YP 关系和 GY 关系进行 JOIN, $5\ 000 * 10\ 000 C_{cpu}$ (满足冲剂且产地为武汉的元组为 25 000).总代价为: $5\ 000 * 10\ 000 C_{cpu} + 200 * 5\ 000 C_{cpu} + 5\ 000 C_{bt} + 5\ 000 C_{bt}$.

第三种操作顺序策略 将 CG 关系送到 B 站点与 GY 关系进行 JOIN,再将 YP 关系送到 B 站点和前面的结果进行 JOIN.开销为 JOIN 操作,CG 关系和 GY 关系进行 JOIN, $5\ 000 * 10\ 000 C_{cpu}$ (满足产地为武汉的元组 40 个).上述结果和 YP 关系进行 JOIN, $400 * 5\ 000 C_{cpu}$.传输操作: $5\ 000 C_{bt} + 5\ 000 C_{bt}$.总代价为: $5\ 000 * 10\ 000 C_{cpu} + 400 * 5\ 000 C_{cpu} + 5\ 000 C_{bt} + 5\ 000 C_{bt}$.

第四种操作顺序策略 将 GY 关系送到 A 站点

与 YP 关系进行 JOIN, 再将 CG 关系和前面的结果进行 JOIN. 开销为: JOIN 操作, YP 关系和 GY 关系进行 JOIN, $5\,000 * 10\,000\text{C}_{\text{cpu}}$ (满足冲剂且产地为武汉的元组为 200 个). 上述结果和 CG 关系进行 JOIN, $200 * 5\,000\text{C}_{\text{cpu}}$. 传输操作: $10\,000\text{C}_{\text{bt}}$. 总代价为: $5\,000 * 10\,000\text{C}_{\text{cpu}} + 200 * 5\,000\text{C}_{\text{cpu}} + 10\,000\text{C}_{\text{bt}}$.

第五种操作顺序策略 将 GY 关系送到 A 站点与 CG 关系进行 JOIN, 再将 AP 关系和前面的结果进行 JOIN. 开销为: JOIN 操作, CG 关系和 GY 关系进行 JOIN, $5\,000 * 10\,000\text{C}_{\text{cpu}}$ (满足产地为武汉的元组 400 个). 上述结果和 YP 关系进行 JOIN, $400 * 5\,000\text{C}_{\text{cpu}}$, 传输操作: $1\,000\text{C}_{\text{bt}}$. 总代价为: $5\,000 * 10\,000\text{C}_{\text{cpu}} + 400 * 5\,000\text{C}_{\text{cpu}} + 10\,000\text{C}_{\text{bt}}$. 这里, 我们只给出了查询处理中的传输和 CPU 代价, 查询总代价中还应包括某一站点上的处理时间即 I/O 代价和通信代价. 由于分布数据库中传输时间是最主要的开销, 这里仅仅是为了说明问题而忽略了 I/O 代价和通信代价, 只比较了查询处理中的传输时间和 CPU 时间. 显然, 上面第一种策略较好, 而第三种和第五种策略效果较差. 由此可见, 不同的查询策略传输时间和 CPU 时间相差很大, 达多个数量级. 但上面只是一种理想的情况, 在实际应用中要回答哪一种策略较好是非常困难的, 因为我们还必考虑以下的问题:

- (1) 关系中元组数量的多少;
- (2) 元组的长度即所用的空间;
- (3) 网络工作的效率;
- (4) 网络的延迟.

总之, 一个好的查询优化策略, 应该综合考虑以上的各项因素, 在主要的开销代价——传输量和 CPU 时间减少的同时, 尽量减少其它方面的开销, 从而减少查询的总代价.

5 结束语

分布式数据库系统的查询处理是用户与分布式数据库系统的接口, 也是分布式数据库系统主要研究问题之一. 由于它的建立环境复杂, 技术内容丰富, 对于查询优化技术, 还有许多问题有待进一步研究和解决. 本文提出一个好的查询优化策略, 应该综合考虑多方面的因素, 在主要的开销代价——传输量和 CPU 时间减少的同时, 尽量减少其它方面的开销, 从而减少查询的总代价. 随着计算机网络技术的飞速发展, 相信分布式数据库技术也必将得到迅速发展, 并日趋完善.

参考文献:

- [1] O'Neil P. O'Neil E 著. 周傲英译. 数据库原理、编程与性能[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [2] 顾宁. 分布式数据库[EB/OL].
<http://www.cit.fudan.edu.cn/cit.htm>. 2003-09-10/2004-03-20.
- [3] 金正淑. 分布式数据库系统中的查询优化[EB/OL].
<http://www.jx.com.cn/files>. 2003-10-15.
- [4] Mullins O S. Distributed Query Optimization[EB/OL].
<http://www.naspa.com/pdf/t96>. 2003.

Query Optimization Tactics in Distributed Database System

LIU Bing, LI Zheng-fan

(School of Information Eng., East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: When adding distributed data into the database system, the distributed query process is very difficult and complicated, and the cost of query process is different due to different query process tactics. Query optimization in distributed system is more important and it has more notable effect. This article discusses the purposes and tactics, and presents how the different order affects the performance.

Key words: distributed database; distributed query; query optimization; query process tactic