第15讲：关系查询优化

（本讲 共有4个视频，对应教科书9.2-9.4节）

Video 15-1：查询优化的重要性

9.2.1 查询优化概述

- 查询优化的优点
  - 是关系数据库管理系统实现的关键技术又是关系系统的优点所在
  - 减轻了用户对于系统底层选择存取路径的负担
  - 用户就可以关注查询的正确表达上，而无需考虑查询的执行效率如何

查询优化概述

- 系统优化后的程序通常可以比用户程序做得更好

（1） 优化器可以从数据字典中获取许多统计信息，而用户程序则难以获得这些信息。

（2）如果数据库的物理统计信息改变了，系统可以自动对查询重新优化以选择相适应的执行计划。在非关系系统中必须重写程序，这在实际中往往是不可行的。

查询优化概述（续）

（3）优化器可以考虑数百种不同的执行计划，程序员一般只能考虑有限的几种可能性。

（4）优化器中包括了很多复杂的优化技术，这些优化技术往往只有最好的程序员才能掌握。系统的自动优化相当于使得所有人都拥有这些优化技术。

查询优化概述（续）

- 关系数据库管理系统通过某种代价模型计算出各种查询执行策略的执行代价，然后选取代价最小的执行方案
  - 集中式数据库
    - 执行开销主要包括
      - 磁盘存取块数(I/O代价)
      - 处理机时间(CPU代价)
      - 内存空间的开销
    - I/O代价是最主要的
  - 分布式数据库
    - 总代价=I/O代价+CPU代价+内存代价＋通信代价

查询优化概述（续）

- 查询优化的总目标
  - 选择有效的策略
  - 求得给定关系表达式的值
  - 使得查询代价最小(实际上是较小)

一个实例

[例9.3] 求选修了2号课程的学生姓名。

```
SELECT  Student.Sname
FROM    Student, SC
WHERE   Student.Sno=SC.Sno AND
        SC.Cno='2'
```

- 假定学生-课程数据库中有1000个学生记录，10000个选课记录
- 选修2号课程的选课记录为50个

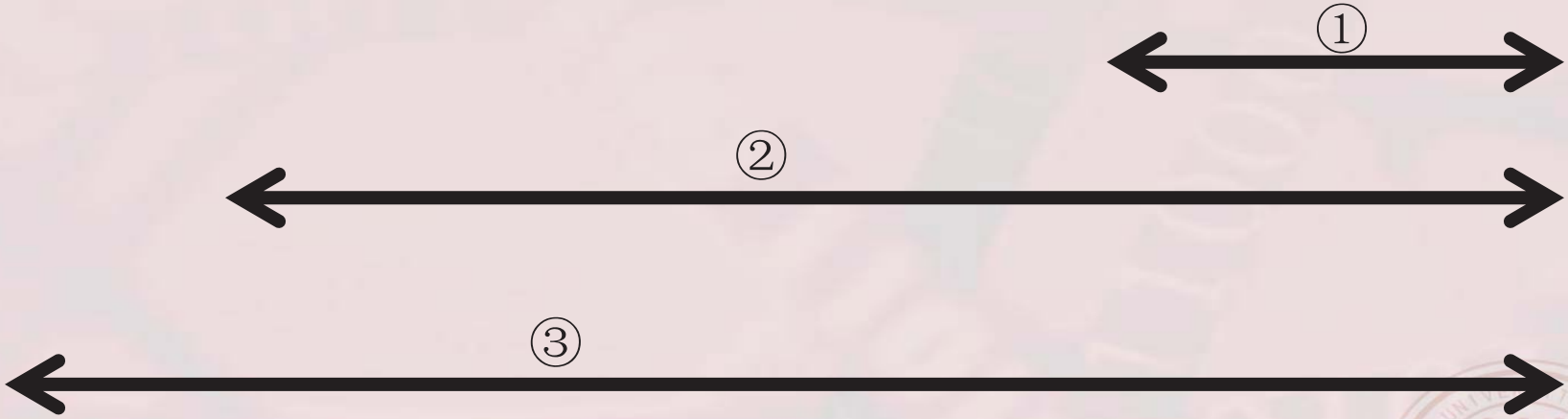
一个实例（续）

- 可以用多种等价的关系代数表达式来完成这一查询
  - $Q_1=\pi_{Sname}(\sigma_{Student.Sno=SC.Sno \wedge SC.Cno='2'}(Student \times SC))$
  - $Q_2=\pi_{Sname}(\sigma_{SC.Cno='2'}(Student \bowtie SC))$
  - $Q_3=\pi_{Sname}(Student \bowtie \sigma_{SC.Cno='2'}(SC))$

一个实例（续）

1.第一种情况

- $Q_1=\pi_{Sname}(\sigma_{Student.Sno=SC.Sno \wedge SC.Cno='2'}(Student \times SC))$



一个实例（续）

（1） 计算广义笛卡尔积

- 在内存中尽可能多地装入某个表(如Student表)的若干块，留出一块存放另一个表(如SC表)的元组。
- 把SC中的每个元组和Student中每个元组连接，连接后的元组装满一块后就写到中间文件上
- 从SC中读入一块和内存中的Student元组连接，直到SC表处理完。
- 再读入若干块Student元组，读入一块SC元组
- 重复上述处理过程，直到把Student表处理完

一个实例（续）

- 设一个块能装10个Student元组或100个SC元组，在内存中存放5块Student元组和1块SC元组，则读取总块数为

$$\frac{1000}{10}+\frac{1000}{10\times 5}\times\frac{10000}{100}$$ =100+20×100=2100块

  - 读Student表100块，读SC表20遍，每遍100块，则总计要读取2100数据块。
  - 连接后的元组数为$10^3\times10^4=10^7$。设每块能装10个元组，则写出10^6块。

一个实例（续）

（2）作选择操作

- 依次读入连接后的元组，按照选择条件选取满足要求的记录
- 假定内存处理时间忽略。读取中间文件花费的时间(同写中间文件一样)需读入10^6块。
- 若满足条件的元组假设仅50个，均可放在内存。

一个实例（续）

（3）作投影操作

- 把第（2）步的结果在Sname上作投影输出，得到最终结果

❖ 第一种情况下执行查询的总读写数据块
=2100+10^6 +10^6

一个实例（续）

2.第二种情况

$Q_2=\pi_{Sname}(\sigma_{Sc.Cno='2'}(Student \bowtie SC))$

（1）计算自然连接

- 执行自然连接，读取Student和SC表的策略不变，总的读取块数仍为2100块
- 自然连接的结果比第一种情况大大减少，为10^4个元组
- 写出数据块= 10^3 块

一个实例（续）

2.第二种情况（续）

（2）读取中间文件块，执行选择运算，读取的数据块=

10^3 块

（3）把第2步结果投影输出。

- 第二种情况下执行查询的总读写数据块=2100+ 10^3 +10^3
- 其执行代价大约是第一种情况的488分之一

一个实例（续）

3.第三种情况

$Q_3=\pi_{Sname}(Student \bowtie \sigma_{SC.Cno='2'}(SC))$

（1）先对SC表作选择运算，只需读一遍SC表，存取100块，因为满足条件的元组仅50个，不必使用中间文件。

（2）读取Student表，把读入的Student元组和内存中的SC元组作连接。也只需读一遍Student表共100块。

（3）把连接结果投影输出

一个实例（续）

3.第三种情况（续）

- 第三种情况总的读写数据块=100+100
- 其执行代价大约是第一种情况的万分之一，是第二种情况的20分之一

一个实例（续）

- 假如SC表的Cno字段上有索引
  - 第一步就不必读取所有的SC元组而只需读取Cno='2'的那些元组(50个)
  - 存取的索引块和SC中满足条件的数据块大约总共3～4块
- 若Student表在Sno上也有索引
  - 不必读取所有的Student元组
  - 因为满足条件的SC记录仅50个，涉及最多50个Student记录
  - 读取Student表的块数也可大大减少

一个实例（续）

- 把代数表达式Q1变换为Q2、 Q3

$Q_1=\pi_{Sname}(\sigma_{Student.Sno=SC.Sno \wedge Sc.Cno='2'}(Student \times SC))$

$Q_2=\pi_{Sname}(\sigma_{Sc.Cno='2'}(Student \bowtie SC))$

$Q_3=\pi_{Sname}(Student \bowtie \sigma_{SC.Cno='2'}(SC))$

- 先做选择在做连接操作，这样参与连接的元组就可以大大减少，这是代数优化

一个实例

- 在Q_3中
  - SC表的选择操作算法有全表扫描或索引扫描，经过初步估算，索引扫描方法较优。
  - 对于Student和SC表的连接，利用Student表上的索引，采用索引连接代价也较小，这就是物理优化。