Video 15-4：物理优化（一）

（对应教科书9.4小节）

9.4 物理优化

- 代数优化改变查询语句中操作的次序和组合，不涉及底层的存取路径
- 对于一个查询语句，还存在多个存取方案，它们的执行效率不同， 仅仅进行代数优化是不够的
- 物理优化就是要选择高效合理的操作算法或存取路径，求得更好的查询计划

物理优化（续）

- 物理优化方法
  - 基于规则的启发式优化
    - 启发式规则是指那些在大多数情况下都适用，但不是在每种情况下都是适用的规则。
  - 基于代价估算的优化
    - 优化器估算不同执行策略的代价，并选出具有最小代价的执行计划。

物理优化（续）

- 物理优化方法（续）
  - 两者结合的优化方法：
    - 常常先使用启发式规则，选取若干较优的候选方案，减少代价估算的工作量
    - 然后分别计算这些候选方案的执行代价，较快地选出最终的优化方案

9.4 物理优化

9.4.1 基于启发式规则的存取路径选择优化

9.4.2 基于代价的优化

9.4.1 基于启发式规则的存取路径选择优化

1.选择操作的启发式规则

2.连接操作的启发式规则

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

1.选择操作的启发式规则

- 对于小关系，使用全表顺序扫描，即使选择列上有索引
- 对于大关系，启发式规则有：

（1）对于选择条件是“主码＝值”的查询

- 查询结果最多是一个元组，可以选择主码索引
- 一般的关系数据库管理系统会自动建立主码索引

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

（2）对于选择条件是“非主属性＝值”的查询，并且选择列上有索引

- 要估算查询结果的元组数目
- 如果比例较小(<10%)可以使用索引扫描方法
- 否则还是使用全表顺序扫描

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

（3）对于选择条件是属性上的非等值查询或者范围查询，并且选择列上有索引

- 要估算查询结果的元组数目
  - 如果比例较小(<10%)可以使用索引扫描方法
  - 否则还是使用全表顺序扫描

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

（4）对于用AND连接的合取选择条件

- 如果有涉及这些属性的组合索引
  - 优先采用组合索引扫描方法
- 如果某些属性上有一般的索引，可以用索引扫描方法
  - 通过分别查找满足每个条件的指针，求指针的交集
  - 通过索引查找满足部分条件的元组，然后在扫描这些元组时判断是否满足剩余条件
- 其他情况：使用全表顺序扫描

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

（5）对于用OR连接的析取选择条件，一般使用全表顺序扫描

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

2.连接操作的启发式规则

（1）如果2个表都已经按照连接属性排序

- 选用排序-合并算法

（2）如果一个表在连接属性上有索引

- 选用索引连接算法

（3）如果上面2个规则都不适用，其中一个表较小

- 选用Hash join算法

基于启发式规则的存取路径选择优化（续）

（4）可以选用嵌套循环方法，并选择其中较小的表，确切地讲是占用的块数(b)较少的表，作为外表(外循环的表) 。

理由：

- 设连接表R与S分别占用的块数为Br与Bs
- 连接操作使用的内存缓冲区块数为K
- 分配K-1块给外表
- 如果R为外表，则嵌套循环法存取的块数为Br+BrBs/(K-1)
- 显然应该选块数小的表作为外表

Video 15-5：物理优化（二）

（对应教科书9.4小节）

基于代价的优化

- 启发式规则优化是定性的选择，适合解释执行的系统
  - 解释执行的系统，优化开销包含在查询总开销之中
- 编译执行的系统中查询优化和查询执行是分开的
  - 可以采用精细复杂一些的基于代价的优化方法

基于代价的优化（续）

1.统计信息

2.代价估算示例

3.优化方法

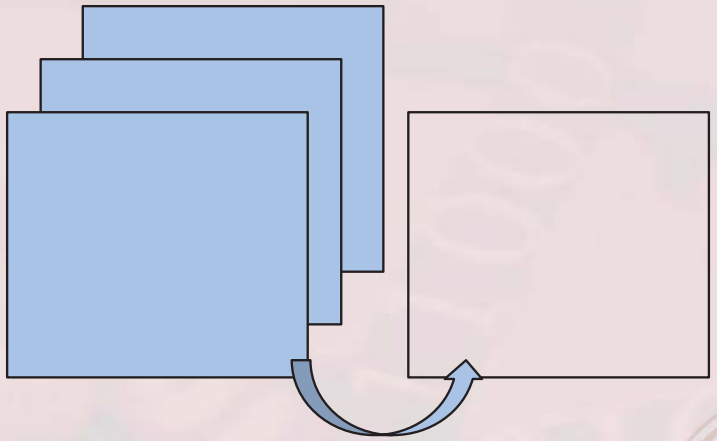
基于代价的优化（续）

1.统计信息

- 基于代价的优化方法要计算查询的各种不同执行方案的执行代价，它与数据库的状态密切相关
- 优化器需要的统计信息

（1）对每个基本表

- 该表的元组总数(N)
- 元组长度(l)
- 占用的块数(B)
- 占用的溢出块数(BO)

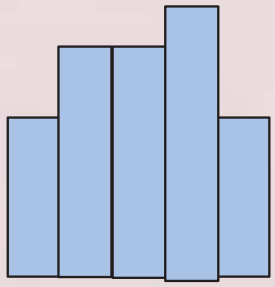


Block（8K/16K/32K）

基于代价的优化（续）

（2）对基表的每个列

- 该列不同值的个数(m)
- 列最大值、最小值
- 列上是否已经建立了索引
- 哪种索引(B+树索引、Hash索引、聚集索引)
- 可以计算选择率(f)
  - ✓如果不同值的分布是均匀的，$f=1/m$
  - ✓如果不同值的分布不均匀，则要计算每个值的选择率，$f=$具有该值的元组数/N



直方图

基于代价的优化（续）

（3）对索引

- 索引的层数(L)
- 不同索引值的个数
- 索引的选择基数S(有S个元组具有某个索引值)
- 索引的叶结点数(Y)

基于代价的优化（续）

2.代价估算示例

（1）全表扫描算法的代价估算公式

- 如果基本表大小为B块，全表扫描算法的代价 cost＝B
- 如果选择条件是“码＝值”，那么平均搜索代价 cost＝B/2

（以块的IO数量作为度量单位）

基于代价的优化（续）

（2）索引扫描算法的代价估算公式

- 如果选择条件是“码＝值”
  - 则采用该表的主索引
  - 若为B+树，层数为L，需要存取B+树中从根结点到叶结点L块，再加上基本表中该元组所在的那一块，所以cost=L+1

基于代价的优化（续）

（2）索引扫描算法的代价估算公式（续）

- 如果选择条件涉及非码属性
  - 若为B+树索引，选择条件是相等比较，S是索引的选择基数(有S个元组满足条件)
  - 满足条件的元组可能会保存在不同的块上，所以(最坏的情况)cost=L+S

基于代价的优化（续）

（2）索引扫描算法的代价估算公式（续）

- 如果比较条件是>，>=，<，<=操作
  - 假设有一半的元组满足条件
  - 就要存取一半的叶结点
  - 通过索引访问一半的表存储块
  - **cost=L+Y/2+B/2**
  - 如果可以获得更准确的选择基数，可以进一步修正Y/2与B/2

基于代价的优化（续）

（3）嵌套循环连接算法的代价估算公式

- 嵌套循环连接算法的代价

  cost＝Br+BrBs/(K-1)

- 如果需要把连接结果写回磁盘

  cost＝Br+Br Bs/(K-1)+(Frs*Nr*Ns)/Mrs

  - **Frs**为连接选择性(**join selectivity**)，表示连接结果元组数的比例
  - **Mrs**是存放连接结果的块因子，表示每块中可以存放的结果元组数目

基于代价的优化（续）

（4）排序-合并连接算法的代价估算公式

- 如果连接表已经按照连接属性排好序，则

  $cost = Br + Bs + (Frs * Nr * Ns)/Mrs$

- 如果必须对文件排序
  - 还需要在代价函数中加上排序的代价
  - 对于包含B个块的文件排序的代价大约是

    $(2*B)+(2*B*\log_2 B)$

9.6 小 结

- 查询处理是关系数据库管理系统的核心，查询优化技术是查询处理的关键技术
- 本章主要内容
  - 查询处理过程
  - 查询优化
    - 代数优化
    - 物理优化
  - 查询执行

查询分析
查询检查
查询优化
查询执行

9.6 小 结

- 查询处理是关系数据库管理系统的核心，查询优化技术是查询处理的关键技术
- 本章主要内容
  - 查询处理过程
  - 查询优化
    - 代数优化
    - 物理优化
  - 查询执行

启发式代数优化

9.6 小 结

- 查询处理是关系数据库管理系统的核心，查询优化技术是查询处理的关键技术
- 本章主要内容
  - 查询处理过程
  - 查询优化
    - 代数优化
    - 物理优化
  - 查询执行

基于规则的存取路径优化
基于代价的优化

9.6 小 结

- 查询处理是关系数据库管理系统的核心，查询优化技术是查询处理的关键技术
- 本章主要内容
  - 查询处理过程
  - 查询优化
    - 代数优化
    - 物理优化
  - 查询执行

自顶向下执行方式
自底向上执行方式

小结（续）

- 比较复杂的查询，尤其是涉及连接和嵌套的查询
  - 不要把优化的任务全部放在关系数据库管理系统上
  - 应该找出关系数据库管理系统的优化规律，以写出适合关系数据库管理系统自动优化的SQL语句
- 对于关系数据库管理系统不能优化的查询需要重写查询语句，进行手工调整以优化性能