

Prof. Dr. T. Härder  
Fachbereich Informatik  
Arbeitsgruppe Datenbanken und Informationssysteme  
Universität Kaiserslautern

## ***Übungsblatt 8 – Lösungsvorschläge***

für die freiwillige Übung

**Unterlagen zur Vorlesung:** „[www.dvs.informatik.uni-kl.de/courses/DBSREAL/](http://www.dvs.informatik.uni-kl.de/courses/DBSREAL/)“

### **Aufgabe 1: Übersetzung von SQL auf eine satzorientierte Schnittstelle** 1 69-171

a) Schreiben Sie für folgende SQL-Anfrage ein Programm mit den Operationen auf der satzorientierten Schnittstelle:

```
SELECT  ENO, ENAME, SAL
FROM    EMP
WHERE   AGE > 45
        AND SAL > 50 000
        AND DNO >= K50 AND DNO <= K60
```

Folgende Grundannahme wird hier für die Verarbeitung über einen Index (Index-Scan) gemacht:

Für jeden Schlüsselwert eines Anfragebereichs werden aus der Indexseite die TIDs der zugehörigen Sätze gelesen, so daß dann unmittelbar auf die Sätze in einer Datenseite zugegriffen werden kann. Somit wird eine Seite für jeden Wert maximal einmal gelesen. Aufgrund der Pufferersetzung ist es jedoch möglich, daß eine Seite verdrängt wird, bevor sie für den Zugriff auf den nächsten Wert erneut gebraucht wird.

Eine solche Verarbeitung hat den Vorteil, daß die Sätze nach dem Indexattribut sortiert ausgegeben werden. Sie hat den Nachteil, daß eine Seite ggf. mehrfach gelesen werden muß. Wenn die Sätze nicht sortiert ausgegeben werden müssen, wäre es günstiger, zunächst alle TIDs zu allen Werten des Anfragebereichs zu lesen und nach ihrer Seitennummer zu sortieren (Merge-Sort ist möglich). Beim darauffolgenden Zugriff wird jede Datenseite maximal einmal gelesen und die Zugriffsbewegungen auf der Magnetplatte werden (bei einer ungestörten Verarbeitung) minimal.

Es soll versucht werden, ein optimales Zugriffsprogramm mit Hilfe der Scan-Technik zu entwerfen, wenn

1. je ein Index für AGE, SAL und DNO vorhanden ist. Welchen Einfluß auf die Optimierung hat die Existenz eines Index mit Cluster-Bildung für eines der drei Attribute?

OPEN SCAN auf EMP

(Index-Scan auf Index mit der größten Selektivität und Nutzung der Startbedingung)

FETCH TUPLE (SCB, Next, ...)

(mit den beiden beiden Prädikatstermen, für die kein Index-Scan ausgewählt wurde, als Suchbedingung (SSA))

CLOSE SCAN

(wenn Stoppbedingung für Index-Scan erreicht; also wenn  $DNO > K60$ , falls Index-Scan auf DNO gewählt wurde)

Bei Cluster-Bildung hängt die Wahl der Indexstruktur nicht nur von ihrer Selektivität ab, vielmehr muß jetzt berücksichtigt werden, wie viele Seitenzugriffe notwendig werden. Dies wurde vorher schon implizit gemacht, da in allen drei Fällen keine Cluster-Bildung vorausgesetzt wurde und somit bei niedriger Selektivität auch mehr Seitenzugriffe angenommen wurden.

**2. je ein Index für AGE und SAL und zusätzlich ein Index mit Cluster-Bildung für ENO vorhanden ist.**

Der Index auf ENO, auf dem keine Selektion erfolgt, könnte in dieser Anfrage nur dann etwas bringen, wenn als Ausgabe ORDER BY ENO verlangt wird. Deshalb bleibt alles wie oben, nur daß der Index auf DNO nicht zur Verfügung steht. (Die Besonderheit der Cluster-Bildung auf den Datenseiten bedeutet, daß die Sätze gemäß ihrer ENO sortiert abgespeichert werden.)

**3. für alle Attribute der Qualifikationsbedingung Indexstrukturen ohne Cluster-Bildung vorhanden sind, die Tabelle EMP jedoch alleine in einem Segment mit hoher Lokalität (Belegungsfaktor  $b > 0.9$ ) gespeichert ist.**

Ggf. ist ein Tabellen-Scan (d. h. sequentielles Lesen der Tabelle) günstiger, da keine Indexinformation gelesen werden muß.

OPEN SCAN auf EMP

(Tabellen-Scan mit der Startbedingung BOS)

FETCH TUPLE ( SCB, Next, ...)

(mit allen Prädikatstermen als Suchbedingung (SSA))

CLOSE SCAN

(wenn Stoppbedingung EOS erreicht)

b) In welcher Weise kann folgende SQL-Anfrage auf der satzorientierten Schnittstelle ausgewertet werden:

```
SELECT  X.ENAME, Y.ENAME
FROM    EMP X, EMP Y
WHERE   X.MNO = Y.PNO
        AND X.SAL > Y.SAL
```

Diskutieren Sie mögliche Lösungswege, wenn

1. Indexstrukturen für MNO, PNO und SAL vorhanden sind.
2. keine Zugriffspfade zur Unterstützung der Auswertung herangezogen werden können.

Geben Sie die prinzipiellen Lösungen mit Hilfe der auf der satzorientierten Schnittstelle zur Verfügung stehenden Operationen an.

zu 1.

Schritthaltende Index-Scans auf  $I_{EMP}(PNO)$  und  $I_{EMP}(MNO)$ : Wenn  $Y.PNO=X.MNO$  erfüllt ist, muß der TID-Zugriff auf jeweils  $(1+n)$  Sätze erfolgen, um die Bedingung  $X.SAL>Y.SAL$  zu testen. Der Index auf SAL läßt sich dafür nicht einsetzen.

zu 2.

Nested Loops Join auf einer physischen Tabelle mit  $Y.PNO$  als Test der inneren Schleife; dann kann der Test im Mittel nach einem halben Schleifendurchlauf abgebrochen werden!

Hier wäre es auch noch interessant, den Fall zu betrachten, daß eine verallgemeinerte Zugriffspfadstruktur mit  $X.MNO$  und  $Y.PNO$  existiert oder für die Auswertung dynamisch angelegt wird. Die Auswertung der SAL-Bedingung erzwingt jedoch den Zugriff auf alle X-Sätze (bis auf die, welche die  $k$  höchsten Chefs repräsentieren ( $k \geq 1$ )). Bei den Y-Sätzen wird nur auf die zugegriffen, die Manager sind, also typischerweise wesentlich weniger als die Hälfte der EMP-Sätze.

c) In welcher Weise würden Sie folgende SQL-Anfrage, die eine Partitionierung der (Zwischen-)Ergebnismenge nach den Attributwerten eines Attributs erfordert, auswerten:

```
SELECT  DNO
FROM    EMP
WHERE   JOB = 'PROGRAMMER'
GROUP BY DNO
HAVING COUNT (x) > 10
```

Geben Sie ein Programm für die satzorientierte Schnittstelle an, wenn

1. eine Indexstruktur für das Attribut JOB vorhanden ist

2. eine Indexstruktur für das Attribut DNO vorhanden ist

Welches ist die beste Auswertungsstrategie?

zu 1.

- Index-Scan über EMP auf dem Index JOB
- zu jeder DNO zählen, wie oft sie auftritt
- am Ende Ergebnisse ausgeben, welche die HAVING-Bedingung erfüllen

zu 2.

Bringt nichts, wenn keine Clusterung nach DNO vorliegt, weil zu jeder DNO noch alle EMP-Sätze gelesen werden müssen, um die WHERE-Bedingung zu evaluieren, wenn die Anzahl der Werte zu einer DNO größer als 10 ist. Bei diesem Vorgehen werden i. d. R. mehr Seitenzugriffe notwendig, als wenn EMP einmal sequentiell gelesen wird (Tabellen-Scan mit JOB='PROGRAMMER' als Suchbedingung) und intern die Bedingungsauswertung und eine Statistik für die verschiedenen DNOs durchgeführt wird.

Bei Cluster-Bildung über DNO und vielen kleinen Abteilungen können evtl. Seitenzugriffe gespart werden.

## **Aufgabe 2: Join-Programmierung auf der satzorientierten DBS-Schnittstelle**

Skizzieren Sie in Pseudo-Code den Ablauf eines Sort Merge Join sowie den Ablauf eines Hash Join, wenn zwischen den Verbundattributen eine n:m-Beziehung besteht und keine Indexstrukturen zur Verfügung stehen. Ein SORT-Operator ist vorhanden. Die zur Partitionierung herangezogene Hash-Funktion bilde die Werte von ORT und WOHNORT direkt auf die Nummer der Partition ab.

```
SELECT  P.PNR, P.WOHNORT, P.ANR
FROM    ABT A, PERS P
WHERE   P.WOHNORT = A.ORT AND
        P.ALTER > 30 AND
        A.ANZ_MITARBEITER < 10
```

### **Lösungsvorschlag:**

#### **Sort-Merge-Join**

```
Open Scan (ABT, BOS, EOS);                               /* SCB1 */
Sort ABT On ORT asc Into T1 Using Scan(SCB1, Next, ANZ_MITARBEITER <
10);
Close Scan (SCB1);
Open Scan (PERS, BOS, EOS);                               /* SCB2 */
Sort PERS On WOHNORT asc Into T2 Using Scan (SCB2, Next, ALTER > 30);
Close Scan (SCB2);
```

```

Open Scan (T1, BOS, EOS);                               /* SCB3
*/
Open Scan (T2, BOS, EOS);                               /* SCB4
*/
Fetch Tuple (SCB3, Next);
Fetch Tuple (SCB4, Next);
Repeat
  While T2.WOHNORT < T1.ORT
    Fetch Tuple (SCB4, Next);
  Endwhile;
  While T2.WOHNORT > T1.ORT
    Fetch Tuple (SCB3, Next);
  Endwhile;
  Temp = T1;
  Array1 = Array2 = EMPTY;
  While T1.ORT = Temp.ORT
    Store T1 in Array1;
    Fetch Tuple (SCB3, Next);
  Endwhile;
  While T2.WOHNORT = Temp.ORT
    Store T2 in Array2;
    Fetch Tuple (SCB4, Next);
  Endwhile;
  Array1 X Array2      /*Transfer nach Ausgabebereich erforderlich*/
Until End of T1 or T2;

```

**Hash Join**

max : # Partionen

h : ORT --> {1, ..., max};

h : WOHNORT --> {1, ..., max};

Ai[], Pi[]: Pointer-Arrays für die i-ten Partionen (liegen im Hauptspeicher), i = 1 ... max

pa, pp : Hash-Partionen für ABT, PERS

ta, tp : Tupel aus ABT, PERS

initialisiere Ai und Pi

/\* Partitionierung der beiden Tabellen mit Hash-Funktion h \*/

While (t = next\_tuple in ABT mit t.ANZ\_MITARBEITER < 10)

  i := h(t);

  Ai.add(address of t);

Endwhile;

```
While (t = next_tuple in PERS mit t.ALTER > 30)
```

```
  i := h(t);
```

```
  Pi.add(address of t);
```

```
Endwhile;
```

```
For i := 1 to max do
```

```
  pa := NULL;
```

```
  pp := NULL;
```

```
  for each pointer pt in Ai do
```

```
    pp.add(tuple, auf das pt zeigt);
```

```
  endfor;
```

```
  for each pointer pt in Pi do
```

```
    pp.add(tuple, auf das pt zeigt);
```

```
  endfor;
```

```
/* Hier ist vereinfachend ein Nested Loops Join pro Partition skizziert *
```

```
  for each tuple tp in pp
```

```
    for each tuple ta in pa
```

```
      if pp.wohnort = pa.ort
```

```
        join (pa, pp);
```

```
      endif;
```

```
    endfor;
```

```
  endfor;
```

```
endfor;
```

### Aufgabe 3: Kostenmodelle für die Selektionsoperation

Gegeben sei Tabelle R(A1, A2, A3, ..., An) mit zusammenhängender Speicherung der Sätze in Seiten des Segmentes S.

Annahmen:

- Segment S habe  $M_S = 10^4$  Seiten
- Tabelle R habe
  - $N_R = 10^5$  Sätze und ggf.
  - Cluster-Faktor  $c_R = 50$
- Indexe
  - $I_R(A1)$  mit  $j_{A1} = 100$
  - $I_R(A2)$  mit Cluster-Bildung und  $j_{A2} = 10$
  - als B\*-Bäume mit Höhe  $h_B = 2$  und  $N_B = 100$  Blattseiten realisiert

a) Wie teuer ist die Auswertung der SQL-Anfrage

```
Select  *
From    R
Where   A3 = 'x'
```

1. bei einem Tabellen-Scan

$$C_1 = M_s = 10^4 \text{ (Seiten)}$$

2. bei Nutzung von  $I_R(A1)$

$$C_2 = h_B + N_B + N_R = 2 + 100 + 10^5 \text{ (Seiten)}$$

3. bei Nutzung von  $I_R(A2)$

$$C_3 = h_B + N_B + N_R / c_R = 2 + 100 + 2 \cdot 10^3 \text{ (Seiten)}$$

4. Wie teuer ist die Auswertung der obigen Anfrage, wenn die Tabelle als Hash-Struktur mit A3 als Primärschlüssel angelegt ist?

$$C_4 = 1$$

**b) A1 habe 100 Werte, die von 1 bis 100 gleichverteilt vorkommen ( $j_{A1} = 100$ )**

Wie teuer ist die Auswertung der SQL-Anfrage

```
Select *
From R
Where A1 > 50
```

5. bei Index-Nutzung

$$C_5 = h_B + N_B/2 + (N_R/j_{A1}) \cdot j_{A1}/2 = 2 + 50 + 10^5/2$$

6. bei Annahme einer Cluster-Bildung bei  $I_R(A1)$

$$\begin{aligned} C_6 &= h_B + N_B/2 + (N_R/j_{A1}) \cdot j_{A1}/(2 \cdot c_R) \\ &= 2 + 50 + 10^3 \end{aligned}$$

7. ohne Indexnutzung

$$C_7 = M_s = 10^4 \quad \text{(aber sequentieller Zugriff!)}$$

**c) Welche Kosten verursacht die SQL-Anfrage?**

```
Select *
From R
Where A1 = 50 AND A2 = 10
```

8. bei Nutzung von  $I_R(A1)$  und  $I_R(A2)$  (ohne Cluster-Bildung)

$$C_8 = h_B + N_B/j_{A1} + h_B + N_B/j_{A2} + N_R/(j_{A1} \cdot j_{A2}) = 115$$

9. bei zusätzlicher Annahme einer Cluster-Bildung bei  $I_R(A2)$  und Zugriff über beide Indexe

$$\begin{aligned} C_9 &= h_B + N_B/j_{A1} + h_B + N_B/j_{A2} + N_R/(j_{A1} \cdot j_{A2} \cdot c_R) \\ &= 2 + 1 + 2 + 10 + 10^5/(5 \cdot 10^4) = 17 \end{aligned}$$

10. bei Zugriff nur über  $I_R(A2)$  mit Cluster-Bildung

$$C_{10} = h_B + N_B/j_{A2} + N_R/(j_{A2} \cdot c_R) = 12 + 10^5 (5 \cdot 10^2) = 212$$

11. bei Zugriff nur über  $I_R(A1)$  mit Cluster-Bildung

$$C_{11} = h_B + N_B/j_{A1} + N_R/(j_{A1} \cdot c_R) = 3 + 20 = 23$$

12. bei k-d-Scan auf Grid-File für  $A1, A2$

Es sind  $q = N_R/(j_{A1} \cdot j_{A2}) = 100$  Treffer zu erwarten, wobei mindestens 2 Buckets gefüllt werden. Annahme: Die Treffer verteilen sich auf 4 benachbarte Buckets:

$$C_{12} = 1 + 4 = 5$$