第8章 外部分类

8.1 磁盘文件的归并分类

8.2 磁带文件的归并分类

- 归并外部分类重点研究的问题是
  - **(1)** 如何进行多路归并以减少文件的归并遍数；
  - **(2)** 如何巧妙地运用内存的缓冲区使**I/O**和**CPU**尽可能并行工作；
  - **(3)**根据外存的特点选择较好的产生初始归并段的方法。
- 磁盘和磁带归并分类
- 选择树算法

磁盘是随机存储设备；磁带是顺序存储设备

外部分类的概念：

是指在分类的过程中，数据的主要部分存放在外存储器上，借助内存储器(作为工作单元)，来调整外存储器上数据的位置。

归并方法的一般过程：分两个阶段。

第一阶段：首先，将文件中的数据分段输入到内存，在内存中采用内部分类方法对其进行分类（分类完的文件段，称为归并段**run**），然后将有序段写回外存。

整个文件经过在内存逐段分类又逐段写回外存，这样在外存中形成多个初始的归并段。

第二阶段：对这些初始归并段采用某种归并分类方法，进行多遍归并，最后形成整个文件的单一归并段(整个文件有序)。

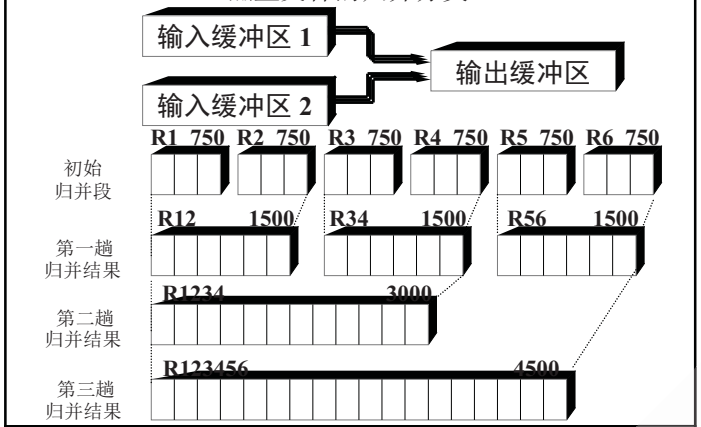
8.1 磁盘文件的归并分类

- 示例：设有一个包含**4500**个记录的输入文件。现用一台其内存至多可容纳**750**个记录的计算机对该文件进行分类。输入文件放在磁盘上,磁盘每个页块可容纳**250**个记录，这样全部记录可存储在 **4500 / 250＝18** 个页块中。输出文件也放在磁盘上，用以存放归并结果。
- 由于内存中可用于分类的存储区域能容纳**750** 个记录,因此内存中恰好能存**3**个页块的记录。
- 在外分类一开始,把**18**块记录,每**3**块一组,读入内存。利用某种内分类方法进行内分类,形成初始归并段,再写回外存。总共可得到**6**个初始归并段。然后一趟一趟进行归并分类。

8.1 磁盘文件的归并分类

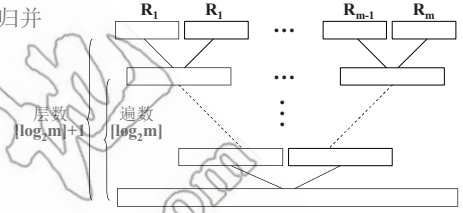
- 若把内存区域等份地分为 3 个缓冲区。其中的两个为输入缓冲区，一个为输出缓冲区，可以在内存中利用简单 2 路归并函数 merge( ) 实现 2 路归并。
- 首先，从参加归并排序的两个输入归并段 R_1 和 R_2 中分别读入一块，放在输入缓冲区1 和输入缓冲区2 中。然后在内存中进行 2 路归并，归并结果顺序存放到输出缓冲区中。
- 当输出缓冲区装满250个记录时，就输出到磁盘。
- 如果归并期间某个输入缓冲区空了，就立即向该缓冲区继续装入所对应归并段的一块记录信息，使之于另一个输入缓冲区的剩余记录归并，直到R1和R2归并为R12、 R3和R4归并为R34、R5和R6归并为R56为止。
- 再把R12和R34归并为R1234，最后把R1234和R56归并为R123456（如下页图示）

8.1 磁盘文件的归并分类



8.1 磁盘文件的归并分类

2路归并



m 个归并段的归并过程

讨论问题

(1) 多路归并——减少归并遍数

(2) 并行操作的缓冲区处理——使输入、输出和CPU处理尽可能重叠

(3) 初始归并段的生成

8.1.1 多路归并——减少归并遍数

m个初始段进行 **2** 路归并，需要⌈$\log_2 m$⌉遍归并；

一般地，**m** 个初始段，采用**K**路归并，需要⌈$\log_K m$⌉遍归并。

显然，**K** 越大，归并遍数越少，可提高归并的效率。

在 **K**路归并时，从 **K** 个关键字中选择最小记录时，要比较 **K-1** 次。若记录总数为 **n** ，每遍要比较 **n*(K-1)**次，⌈$\log_K m$⌉遍要比较的次数为： $n*(K-1)\lceil \log_K m \rceil = n*(K-1)\lceil \log_2 m/\log_2 K \rceil$

$= n*(K-1)\lceil \log_2 \lceil n/l \rceil /\log_2 K \rceil$

可以看出，随着**K**增大，$(K-1)/\log_2 K$ 也增大，当归并路数多时， **CPU** 处理的时间也随之增多。当**K**值增大到一定程度时，可能使**CPU**处理时间大于因**K**值增大而减少归并遍数所节省的时间。

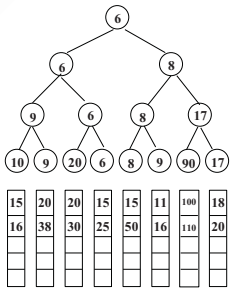
为此可以 **(1)** 选择好的分类方法，以减少分类中比较次数；

(2) 选择好的初始归并段形成方法，增大归并段长度；

提高分类的效率。

K 路平衡归并与败者树

选择树 **(Selection tree)** 或 败者树 **(tree of loser)**



败者树选最小对象举例

分析：

第一次建立选择树的比较所花时间为：

$O(K-1) = O(K)$

而后每次重新建造选择树所需时间为：

$O(\log_2 K)$

n 个记录处理时间为初始建立选择树的时间加上 **n-1** 次重建选择树的时间：

$O((n-1)\cdot\log_2 K)+O(K) = O(n\cdot\log_2 K)$

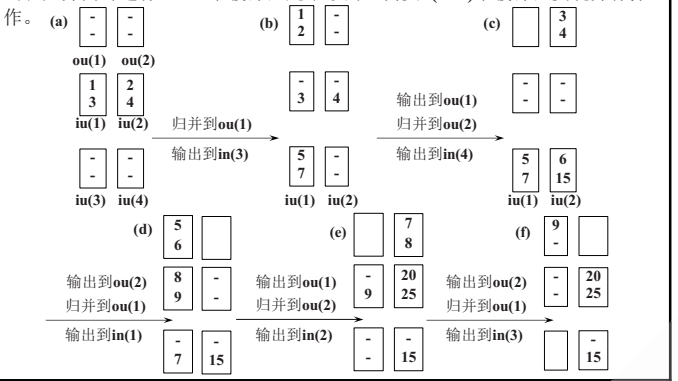
这就是**k**路归并一遍所需的**CPU**处理时间。归并遍数为 $\log_k m$，总时间为：

$O(n\cdot\log_2 K\cdot\log_K m) = O(n\cdot\log_2 m)$

(K 路归并 **CPU** 时间与 **K** 无关**---**选择树太好了**)**

8.1.2并行操作的缓冲区处理——使输入、输出和 **CPU** 处理尽可能重叠

对**k**个归并段进行 **k** 路归并至少需要**k**个输入和**1**个输出缓冲区。要使输入、输出和归并同时进行，**k+1**个缓冲区是不够的，需要**2(k+1)**个缓冲区实现并行操作。



8.1.3 初始归并段的生成

- 任何内部分类算法都可作为生成初始归并段的算法
- 初始归并段的长度≥缓冲区的长度？！
- 选择树法

假设初始待分类文件为输入文件**FI**，初始归并段文件为输出文件**FO**，

内存缓冲区为**W**，可容纳**P**个记录。**FO,W**初始为空，则置换-选择如下：

(1) 从**FI**输入**P**个记录到缓冲区**W**；
(2) 从**W**中选择出关键字最小的记录**MIN**；
(3) 将**MIN**记录输出到**FO**中去；
(4) 若**FI**不空，则从**FI**输入下一个记录到**W**；
(5) 从**W**中所有关键字比**MIN**关键字大的记录中选出最小关键字记录，作为新的**MIN**；
(6) 重复(3)~(5)，直到在**W**中选不出新的**MIN**为止。得到一个初始归并段，输出归并段结束标志到**FO**中
(7) 重复(2)~(6)，直到**W**为空，由此得到全部初始归并段。

8.1.3 初始归并段的生成

例如：缓冲区的长度**P=4**，输入序列为：

15 19 04 83 12 27 11 25 16 34 26 07 10 90 06 …

注意：如果新输入记录的关键字小于最后输出记录的关键字，则新输入记录不能成为当前归并短的一部分；他要等待生成下一个归并段时供选择。

步	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	…
缓冲区内容	15	15	15	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	(11)	11	11	(06)	…	…
	19	19	19	19	25	(16)	(16)	(16)	(16)	16	16	16	…	…
	04	12	27	27	27	27	34	(26)	(26)	26	26	26	…	…
	83	83	83	83	83	83	83	83	(07)	10	90	90	…	…
输出结果	04	12	15	19	25	27	34	83	07	10	11	16	…	
	R_1								R_2					

采用选择树法生成初始归并段的平均长度是缓冲区长度的两倍。

8.2 磁带文件的归并分类

与磁盘不同，磁带是顺序存储设备，读取信息块的时间与信息块的位置有关。研究磁带分类，需要了解信息块的分布。

K路平衡归并分类
磁带机数量：**2K**

输入：T_1, T_2, ……, T_k 输出
输出：T_{k+1}, T_{k+2}, ……, T_{2k} 输入

磁带机	T_1	T_2	…	T_k
归并段	R_1	R_2	…	R_k
	R_{k+1}	R_{k+2}	…	R_{2k}
	…	…	…	…
	R_{mk+1}	…	…	…

T_1:R_1(1000),R_3(1000),R_5(1000)
T_2:R_2(1000),R_4(1000),R_6(1000)
T_3:Ø
T_4:Ø

T_1: Ø
T_2: Ø
T_3: R_1(2000),R_3(2000)
T_4: R_2(2000)

T_1: R_1(4000)
T_2: R_2(2000)
T_3: Ø
T_4: Ø

T_1: Ø
T_2: Ø
T_3: R_1(6000)
T_4: Ø

多阶段归并分类

K+1台磁带机，实现 k 路归并

i遍后	t_1	t_2	t_3
开始	13(1L)	21(L)	空
1	空	8(1L)	13(2L)
2	8(3L)	空	5(2L)
3	3(3L)	5(5L)	空
4	空	2(5L)	3(8L)
5	2(13L)	空	1(8L)
6	1(13L)	1(21L)	空
7	空	空	1(34L)

步	t_1	t_2	t_3	总段数
n	0	0	1	1
n-1	1	1	0	2
n-2	2	0	1	3
n-3	0	2	3	5
n-4	3	5	0	8
n-5	8	0	5	13
n-6	0	8	13	21
n-7	13	21	0	34

小结

- 内部分类过程中不设计数据德内、外存交换，待分类德记录全部存放在内存中；
- 若待非类的文件很大，就无法将整个文件的所有记录同时调入内存进行分类；
- 外部分类的实现，主要是依靠数据德内、外存交换和¡ºº内部归并¡±
- 外部分类基本上包括相对独立的两个阶段：初始归并段的形成；多路归并。
- 外部分类主要研究的技术问题是：

(1) 如何进行多路归并以减少文件的归并遍数；

(2) 如何巧妙地运用内存的缓冲区使**I/O**和**CPU**尽可能并行工作；

(3) 根据外存的特点选择较好的产生初始归并段的方法。