

## “计算机组织结构”作业 6 参考答案

1. 考虑一个单片磁盘，它有如下参数：旋转速率是 7200rpm，一面上的磁道数是 30000，每道扇区数是 600，寻道时间是每越过一百个磁道用时 1ms。假定开始时磁头位于磁道 0，收到一个存取随机磁道上随机扇区的请求。

- a) 平均寻道时间是多少（精度：小数点后 2 位，单位：s）？
- b) 平均旋转延迟是多少（精度：小数点后 2 位，单位：ms）？
- c) 一个扇区的传送时间是多少（精度：小数点后 4 位，单位：ms）？
- d) 完成访问请求的总的平均时间是多少（精度：小数点后 2 位，单位：ms）？

[黄涵倩, 131250016]

- a) 平均寻道时间为越过一半磁道的时间：

$$T_s = \frac{1}{100} \text{ms} * \frac{29999}{2} \approx 150\text{ms} = 0.15\text{s}$$

[周骥, 121250222]

- b) 平均旋转延迟为越过一半盘面的时间：

$$\frac{1}{2 * 7200\text{r/min}} * 60\text{s/min} = \frac{1}{240}\text{s} \approx 4.17\text{ms}$$

- c) 由于一个磁道上有 600 个扇区，所以要存取的数据即一个扇区的数据与一个磁道上的数据的比值为 1/600，则一个扇区的传送时间为：

$$T = \frac{b}{rN} = \frac{60\text{s/min}}{7200\text{r/min}} * \frac{1}{600} = \frac{1}{72000}\text{s} \approx 0.0139\text{ms}$$

- d) 完成访问请求的总平均时间为：

$$T_A = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN} = 0.15 + \frac{1}{240} + \frac{1}{72000} \approx 154.18\text{ms}$$

2. 假定一个程序重复完成将磁盘上一个 4KB 的数据块读出，进行相应处理后，写回到磁盘的另外一个数据区。各数据块内信息在磁盘上连续存放，并随机地位于磁盘的一个磁道上。磁盘转速为 7200rpm，平均寻道时间为 10ms，磁盘最大数据传输率为 320Mbps，没有其他程序使用磁盘和处理器，并且磁盘读写操作和磁盘数据的处理时间不重叠。若程序对磁盘数据的处理需要 20000 个时钟周期，处理器时钟频率为 500MHz，则：

- a) 该程序完成一次数据块“读出-处理-写回”操作所需要的时间为多少（精度：小数点后 2 位，单位：毫秒）？
- b) 每秒钟可以完成多少次这样的数据块操作（精度：整数）？

a) 平均旋转延迟:

$$\frac{1}{2 * 7200} * 60 = \frac{1}{240} s \approx 4.17ms$$

因为块内信息连续存放, 所以数据传输时间:

$$\frac{4KB}{320Mbps} = \frac{4 * 1024 * 8}{320 * 10^6} s \approx 0.1ms$$

则存取时间, 即平均存取时间:

$$T = 10ms + 4.17ms + 0.1ms = 14.27ms$$

数据块的处理时间:

$$\frac{20000}{500MHz} = 0.04ms$$

因为数据块随机存放在某个磁道上, 所以每个数据块的 “读出-处理-写回” 操作时间都是相同的, 故完成一次操作时间:

$$14.27 * 2 + 0.04 = 28.58ms$$

b) 每秒中可以完成这样的数据块操作次数:

$$\left\lfloor \frac{1s}{28.58ms} \right\rfloor = 34 \text{ 次}$$

3. 假设有一个磁盘, 每面有 200 个磁道, 盘面总存储容量为 1.6MB, 磁盘旋转一周时间为 25ms, 每道有 4 个区, 每两个区之间有一个间隙, 磁头通过每个间隙需要 1.25ms。请问: 从该磁盘上读取数据时的最大数据传输率是多少 (精度: 小数点后 2 位, 单位: Mbps)? 每个磁道的存储容量:

$$\frac{1.6MB}{200} = 0.008MB = 0.064Mb$$

每个区容量:

$$\frac{0.064Mb}{4} = 0.016Mb$$

而当仅读取一个区内数据的时候, 转过一个区只需要:

$$\frac{25 - 1.25 * 4}{4} = 5ms$$

所以最大数据传输率:

$$\frac{0.016Mb}{5ms} = 3.36Mbps$$

[吴嘉荣, 141250148][王子安, 141250146][郑寒超, 201250150]

4. 某个磁盘的磁道编号为 0~999。磁头寻道时, 每跨越 1 个磁道所需的平均时间为 0.01ms (例如磁头从磁道 2 移动到磁道 3 需要 0.01ms)。磁盘的平均旋转速度为 6000 转/分钟。每个磁道上的扇区数量为 1000 个。

已知当前磁盘为空, 有 5 个写入数据的任务同时到达

任务	1	2	3	4	5
开始写入的磁道	300	170	220	90	470
写入数据大小	3MB	40KB	1MB	500KB	600KB

假设磁头的初始位置为磁道 200，采用最短寻道时间优先算法（即优先处理开始写入位置与当前磁头位置最接近的任务），且每个磁道上都从 0 号扇区写入，多于 1 个磁道时向磁盘中心移动。请问完成这 5 个写入任务所需要的总时间为多少？

磁盘的平均旋转速度为 6000 转/分钟，所以磁盘旋转一周的时间为 10ms，平均旋转延迟为  $10\text{ms}/2=5\text{ms}$ 。读写每个扇区的时间为  $10\text{ms}/1000=0.01\text{ms}$ 。由于每个扇区可存储数据的大小为 512B，所以每个磁道可存储数据的总大小为  $512\text{B}\times1000=500\text{KB}$ 。

因为磁头的初始位置为磁道 200，根据最短寻道时间优先算法，优先处理任务 3。任务 3 需要写入的数据量为 1MB，所以会占用 2 个磁道加 48 个扇区。完成任务 3 后磁头位于磁道 222。所以完成任务 3 需要的时间为： $(222-200)\times0.01\text{ms}+(5\text{ms}\times3)+(10\text{ms}\times2+48\times0.01\text{ms})=35.70\text{ms}$ 。

根据最短寻道时间优先算法，优先处理任务 2。任务 2 需要写入 40KB，会占用 80 个扇区。完成任务 2 后磁头位于磁道 170。所以完成任务 2 需要的时间为： $(222-170)\times0.01\text{ms}+(5\text{ms}\times1)+(80\times0.01\text{ms})=6.32\text{ms}$ 。

以此类推，优先处理任务 4。任务 4 需要写入 500KB，会占用 1 个磁道。完成任务 4 后磁头位于磁道 90。所以完成任务 4 需要的时间为： $(170-90)\times0.01\text{ms}+(5\text{ms}\times1)+10\text{ms}=15.80\text{ms}$ 。

然后处理任务 1。任务 1 需要写入 3MB，会占用 6 个磁道加 144 个扇区。完成任务 1 后磁头位于磁道 306。所以完成任务 1 需要的时间为： $(306-90)\times0.01\text{ms}+(5\text{ms}\times7)+(10\text{ms}\times6+144\times0.01\text{ms})=98.60\text{ms}$ 。

最后处理任务 5。任务 5 需要写入 600KB，会占用 1 个磁道加 200 个扇区。完成任务 5 后磁头位于磁道 471。所以完成任务 5 需要的时间为： $(471-306)\times0.01\text{ms}+(5\text{ms}\times2)+(10\text{ms}\times1+200\times0.01\text{ms})=23.65\text{ms}$ 。

所以完成 5 个任务需要的总时间为： $35.70+6.32+15.80+98.60+23.65=180.07\text{ms}$ 。

5. 考虑一个有  $N$  个磁道的磁盘，磁道编号由 0 到  $N-1$ ，并假定所要求的扇区随机均匀分布在盘上。
- 假设磁头当前位于磁道  $t$  上，计算越过的磁道数为  $j$  的概率。
  - 假设磁头可能出现在任意磁道上，计算越过的磁道数为  $k$  的概率。
  - 计算越过的平均磁道数的期望。

- a) 设 $P[j/i]$ 表示位于磁道  $i$ ，寻道长度为  $j$  的概率，则随机访问任意一个磁道的可能性为  $1/N$ 。

如果  $j = 0$ ， $P[j/i] = 1/N$

如果  $j \neq 0$ ，

如果  $j \leq N/2$

$$P[j/i] = 1/N, i \leq j-1 \text{ 或 } i \geq N-j$$

$$P[j/i] = 2/N, j-1 < i < N-j$$

注：第一种情况下，磁道接近于磁盘两端，故只有一个相距  $j$  长度的磁道；第二种情况下则有两种。

如果  $j > N/2$

$$P[j/i] = 1/N, i < N-j \text{ 或 } i > j-1$$

$$P[j/i] = 0, N-j \leq i \leq j-1$$

注：第一种情况下，磁道接近于磁盘两端，故只有一个相距  $j$  长度的磁道；第二种情况下左右两边都没有距离为  $j$  的磁道

- b) 令  $P[k]$  为越过磁道数为  $k$  的概率， $L[i]$  为当前磁头位置为第  $i$  磁道的概率 (固定为  $1/N$ )， $P[k/i]$  表示位于磁道  $i$ ，寻道长度为  $k$  的概率，则有：

$$P[k] = \sum_{i=0}^{N-1} (P[k/i] \times L[i]) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} P[k/i]$$

如果  $k = 0$ ，

$$P[k] = \frac{1}{N}$$

如果  $k \neq 0$  且  $k \leq N/2$ ，由 a) 结论可知，取值  $1/N$  的有  $2k$  个磁道，取值  $2/N$  的有  $(N-2k)$  个磁道，所以有

$$P[k] = \frac{1}{N} * \left( \frac{1}{N} * 2k + \frac{2}{N} * (N-2k) \right) = \frac{2(N-k)}{N^2}$$

如果  $k \neq 0$  且  $k > N/2$ ，由 a) 结论可知，取值  $1/N$  的有  $2N-2k$  个磁道，所以有

$$P[k] = \frac{1}{N} * \left( \frac{1}{N} * (2N-2k) \right) = \frac{2(N-k)}{N^2}$$

- c) 期望公式为

$$E[k] = \sum_{i=0}^{N-1} (i \times P[i])$$

由给出公式结合 b) 结论，得

$$E[k] = \sum_{i=0}^{N-1} (i \times P[i]) = 0 * \frac{1}{N} + \sum_{i=1}^{N-1} \left( i * \frac{2(N-i)}{N^2} \right) = \frac{1}{N^2} * \left( 2N \sum_{i=1}^{N-1} i - \sum_{i=1}^{N-1} i^2 \right) = \frac{N^2-1}{3N}$$

[罗瑶, 131250177][申彬, 141250106][伍佳艺, 141250150]

6. 为一个磁盘系统定义如下参数：

$T_s$  = 寻道时间，即磁头定位在磁道上的平均时间

$r$  = 磁盘的旋转速度（单位：转/秒）

$n$  = 每个扇区的位数

$N$  = 一个磁道的容量（单位：位）

$T_A$  = 访问一个扇区的时间

请推导  $T_A$  的表达式。

[黄涵倩, 131250016]

旋转延迟为  $1/2r$ ；数据存取时间为  $n/rN$ ；则可推导出：

$$T_A = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{n}{rN}$$

7. 【2013 统考真题】某磁盘的转速为 10000 转/分，平均寻道时间是 6ms，磁盘传输速率是 20MB/s，磁盘控制器延迟为 0.2ms，读取一个 4KB 的扇区所需的平均时间约为（ ）。
- A. 9ms
  - B. 9.4ms
  - C. 12ms
  - D. 12.4ms

B

磁盘转速是 10000 转/分，转一圈的时间为 6ms，因此平均查询扇区的时间为 3ms，平均寻道时间为 6ms，读取 4KB 扇区信息的时间为  $4KB/(20MB/s)=0.2ms$ ，信息延迟的时间为 0.2ms，总时间为  $3+6+0.2+0.2=9.4ms$ 。

8. 【2015 统考真题】若磁盘转速为 7200 转/分，平均寻道时间为 8ms，每个磁道包含 1000 个扇区，则访问一个扇区的平均存取时间大约是（ ）。
- A. 8.1ms
  - B. 12.2ms
  - C. 16.3ms
  - D. 20.5ms

B

存取时间 = 寻道时间 + 延迟时间 + 传输时间。存取一个扇区的平均延迟时间为旋转半周的时间，即  $(60/7200)/2=4.17ms$ ，传输时间为  $(60/7200)/1000=0.01ms$ ，因此访问一个扇区的平均存取时间为  $4.17+0.01+8=12.18ms$ ，保留一位小数则为 12.2ms。

9. 【2019 统考真题】下列关于磁盘存储器的叙述中，错误的（ ）。
- A. 磁盘的格式化容量比非格式化容量小
  - B. 扇区中包含数据、地址和校验等信息
  - C. 磁盘存储器的最小读写单位为 1 字节
  - D. 磁盘存储器由磁盘控制器、磁盘驱动器和盘片组成

C

磁盘存储器的最小读写单位为一个扇区，即磁盘按块存取，C 错误。磁盘存储数据之前需要进行格式化，将磁盘分成扇区，并写入信息，因此磁盘的格式化容量比非格式化容量小，A 正确。磁盘扇区中包含数据、地址和校验等信息，B 正确。磁盘存储器由磁盘控制器、磁盘驱动器和盘片组成，D 正确。