

“计算机组织结构”作业 07 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。

- 平均寻道时间是多少（精度：小数点后 2 位，单位：s）？
- 平均旋转延迟是多少（精度：小数点后 2 位，单位：ms）？
- 一个扇区的传送时间是多少（精度：小数点后 4 位，单位：ms）？
- 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：

- 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）？
- 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：

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

因为块内信息连续存放，所以数据传输时间：

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

则存取时间，即平均存取时间：

$$T = 10 \text{ms} + 4.17 \text{ms} + 0.1 \text{ms} = 14.27 \text{ms}$$

数据块的处理时间：

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

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：

$$14.27 * 2 + 0.04 = 28.58\text{ms}$$

b) 每秒中可以完成这样的数据块操作次数：

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

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：

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

每个区容量：

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

而当仅读取一个区内数据的时候，转过一个区只需要：

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

所以最大数据传输率：

$$\frac{0.016\text{Mbbits}}{5\text{ms}} = 3.2\text{Mbps}$$

[吴嘉荣, 141250148][王子安, 141250146]

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 10ms/2=5ms。读写每个扇区的时间为 10ms/1000=0.01ms。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 512B×1000=500KB。

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) × 0.01ms+(5ms×3)+(10ms×2+48×0.01ms)=35.70ms。

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： $(222-170) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 1) + (80 \times 0.01\text{ms}) = 6.32\text{ms}$ 。

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： $(170-90) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 1) + 10\text{ms} = 15.80\text{ms}$ 。

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： $(306-90) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 7) + (10\text{ms} \times 6 + 144 \times 0.01\text{ms}) = 98.60\text{ms}$ 。

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： $(471-306) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 2) + (10\text{ms} \times 1 + 200 \times 0.01\text{ms}) = 23.65\text{ms}$ 。

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

===== 分割线：以下内容不在小程序上提交 =====

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。

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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 $j \leq N/2$

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

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

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 $j > N/2$

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

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

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

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

[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:

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

其他贡献者:

[陈乾明, 121250014]