

“计算机组织结构”作业 04 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：秒）？
- 平均旋转延迟是多少（精度：小数点后 2 位，单位：毫秒）？
- 一个扇区的传送时间是多少（精度：小数点后 4 位，单位：毫秒）？
- 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：秒）？

[黄涵倩, 131250016]

- a) 平均寻道时间为越过一半磁道的时间：

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

[周骥, 121250222]

- b) 平均旋转延迟为越过一半盘面的时间：

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

- 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：

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

- d) 完成访问请求的总平均时间为：

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

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：

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

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:

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

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:

$$\frac{1.6}{200} \approx 67108.9\text{bit}$$

每个区容量:

$$\frac{67108.9}{4} \approx 16777.2\text{bit}$$

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:

$$\frac{16777.2\text{bit}}{5\text{ms}} \approx 3.36\text{Mbps}$$

[吴嘉荣, 141250148][王子安, 141250146]

===== 分割线: 以下内容不在小程序上提交 =====

4. 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:

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

其中, i 为跨越的磁道数, $\Pr[x=i]$ 为跨越的磁道数为 i 的概率。

- a) 设 $P[j/t]$ 表示位于磁道 t , 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 $1/N$ 。

$$\text{如果 } j = 0, \quad P[j/t] = 1/N$$

如果 $j \neq 0$,

如果 $j \leq N/2$

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

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

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 $j > N/2$

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

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

b) 令

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

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) 由给出公式结合 b) 结论, 得

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

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

5. 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]