

作业 8

唐嘉良

2020K8009907032

8.1 一台机器虚存采用分段机制，物理内存当前的空闲空间如下(按物理地址由小到大的顺序):12MB, 5MB, 18MB, 20MB, 8MB, 9MB, 10MB 和 15MB。此时要为三个段分配空间(按时间先后顺序): 段 A 申请 12MB, 段 B 申请 10MB, 段 C 申请 9MB。请分别给出采用 Best Fit, Worst Fit, First Fit 和 Next Fit 算法下, 每次分配成的空闲空间状态(按物理地址由小到大顺序), 以及每次分配所需的比较次数。

答: 1) First Fit 下, A、B、C 申请完后空闲空间状态依次为 (单位: MB)

5, 18, 20, 8, 9, 10, 15

5, 8, 20, 8, 9, 10, 15

5, 8, 11, 8, 9, 10, 15

所需比较次数分别为 1, 2, 3

2) Next Fit 下, A、B、C 申请完后空闲空间状态依次为 (单位: MB)

5, 18, 20, 8, 9, 10, 15

5, 8, 20, 8, 9, 10, 15

5, 8, 11, 8, 9, 10, 15

所需比较次数分别为 1, 2, 2

注: 网上对于 next fit 算法的说法不一, 上面答案对应下一次分配从当前节点开始的 next fit 算法, 对于下一次分配从后继节点开始的 next fit 算法, 比较次数应分别为 1, 2, 1。

3) Best Fit 下, 空闲分区按容量递增的方式形成分区链为 5, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 20 (单位: MB)。则 A、B、C 申请完后空闲空间状态依次为 (单位: MB)

5, 18, 20, 8, 9, 10, 15

5, 18, 20, 8, 9, 15

5, 18, 20, 8, 15

所需比较次数分别为 8, 7, 6

4) Worst Fit 下, 空闲分区按容量递减的方式形成分区链为 20, 18, 15, 12, 10, 9, 8, 5 (单位: MB)。则 A、B、C 申请完后空闲空间状态依次为 (单位: MB)

12, 5, 18, 8, 8, 9, 10, 15

12, 5, 8, 8, 8, 9, 10, 15

12, 5, 8, 8, 8, 9, 10, 6

所需比较次数分别为 1, 1, 1

8.2 假设一台计算机使用 32-bit 的虚拟地址空间和三级页表，虚地址的划分为 8-bit | 6-bit | 6-bit | 12-bit（注：8 bit 对应为第一级页表的地址，以此类推），请计算：

（1）该计算机系统的页大小是多少？

（2）该三级页表一共能索引多少个页？

（3）现有一个程序的代码段大小为 12KB，数据段为 20KB，栈大小为 4KB，则在使用上述三级页表时，最少需要占用多少个物理页框？最多会占用多少个物理页框？（注：假设程序各段在地址空间中的布局可以自行决定）

（4）在上述（3）中，假设该计算机使用一级页表进行地址空间管理，则（3）中的程序需要占用多少个物理页框？

注：请写出计算过程。

答：1) 页的大小为 $2^{12} \text{ B} = 4 \text{ KB}$ 。

2) 该三级页表能索引 $2^{(8+6+6)} = 2^{20}$ 页。

3) 假设程序的每个段 4KB 对齐地保存，且每个页表仅存储在一个页框中（即页表占不满页框）。

每个段恰占用某几个物理页框，则要占用 $12/4 + 20/4 + 4/4 = 9$ 个物理页框

[1] 每个段在同一个三级、二级、一级页表下，且这三个页表存储在同一物理页框，则最少占用 $9+3=12$ 个物理页框（如果允许不同页表占据同一个页框，那么就是 $9+1=10$ 个）。

[2] 每个段在同一个一级页表下，但是在不同的 3 个二级、3 个三级页表，每个页表存储在不同物理页框，则最多占用 $9+1+3+3=16$ 个物理页框（如果允许 segment 不连续保存，那么就是 $9+1+9+9=28$ 个）。

4) 每个段占用某几个物理页框，则要占用 $12/4 + 20/4 + 4/4 = 9$ 个物理页框

由于只有一级页表，只有一个一级页表，只能存在另外一个单独的页框上，总共占用 $9+1=10$ 个物理页框。

8.3 假设一台计算机上运行一个进程 A，该进程的地址空间大小为 4 MB（页大小为 4KB）。该计算机使用线性页表记录进程 A 的虚实映射关系，并且将 A 的页表都保存在内存中。该计算机 CPU 的 TLB 大小为 32 项，每项 4B，一次 TLB 查询或 TLB 填充的延迟均为 5 ns，请计算：

（1）假设该计算机使用软件处理 TLB miss，且操作系统进行一次页表查询的平均延迟为 100 ns，如果想让虚实地址映射的平均延迟为 40 ns，那么 TLB 的命中率应为多少？

（2）如果想让虚实地址映射的平均延迟不超过 15 ns，那么 TLB 的命中率应为多少？（上述各项操作的延迟不变）

答：1) 设命中率为 a ，软件处理若命中则仅需 5ns 查询时间，若不命中，则首先花 5ns 查询，发现不命中则查找页表花费 100ns，并填充 TLB 花费 5ns，最后再执行一遍不命中的指

令，此时必定命中，只需花费查询 TLB 的 5ns。则平均延迟为 $a*5 + (1-a)*(5+100+5+5) = 115-110a = 40$ ，解得 $a = 75/110 = 68.18\%$ 。所以 TLB 命中率应该为 68.18%

2) 同理于 (1)，可以得到不等式 $a*5 + (1-a)*(5+100+5+5) \leq 15$ ，解得 $a \geq 90.91\%$
所以 TLB 命中率应该至少为 90.91%

8.4 现有如下 C 程序

```
uint32 X[N];  
  
int step = M, i = 0;  
  
for(i=0; i<N; i+=step) X[i] = X[i] + 1;
```

请计算：

- (1) 假设该程序运行在一台计算机上，该计算机的虚址空间为 32-bit，物理地址空间为 2 GB，页大小为 4 KB，如果采用一级页表，则该页表的页表项一共有多少？
- (2) 假设该计算机的 CPU 的 TLB 大小为 32 项，每项 4B，那么题述程序中的 M 和 N 取值为多少时，会使得程序中循环的每一次执行都会触发 TLB miss？（假设 TLB 初始为空）
- (3) 在 (2) 中，M 和 N 取值多少时，会使得程序中的循环执行时 TLB hit 最多？（假设 TLB 初始为空）

答：1) 一共有 $2^{32}B/4KB = 2^{20}$ 个页，于是有 2^{20} 个页表项。

2) 假设数组 4KB 对齐存储。Unsigned int32 数据类型占 4 字节。于是一页能承载 1024 个 uint32 的数据，32 页能承载 2^{15} 个 uint32 的数据。为使得每次均 TLB miss，M 至少为 1024，否则第二次循环就能 hit，而 N 仅需为正整数即可。本题有很多种可能答案，例如，取 $M=1024$ ， $N=1024*32$ 即可使得每次循环都 TLB miss。

3) 假设数组 4KB 对齐存储。取 $N=1024*k$ ， $M=1$ ，这样才能在 miss 数一定的时候充分命中同一页，hit 才是最多的（假设这里的“最多”指的是命中率最高，k 是正整数）。