

操作系统 第八次作业

姓名：朱首赫

学号：2023K8009906029

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。

$\{12, 5, 18, 20, 8, 9, 10, 15\}$

解： **Best Fit:** 总会扫描所有空闲块，返回大于等于申请空间的最小空闲块。

- (1) 段 A 申请 12MB：比较次数 8，空闲空间 (MB)= $\{5, 18, 20, 8, 9, 10, 15\}$
- (2) 段 B 申请 10MB：比较次数 7，空闲空间 (MB)= $\{5, 18, 20, 8, 9, 15\}$
- (3) 段 C 申请 9MB：比较次数 6，空闲空间 (MB)= $\{5, 18, 20, 8, 15\}$

Worst Fit: 选择最大的分区进行分配，留下大碎片。

- (1) 段 A 申请 12MB：比较次数 8，空闲空间 (MB)= $\{12, 5, 18, 8, 8, 9, 10, 15\}$
- (2) 段 B 申请 10MB：比较次数 8，空闲空间 (MB)= $\{12, 5, 8, 8, 8, 9, 10, 15\}$
- (3) 段 C 申请 9MB：比较次数 8，空闲空间 (MB)= $\{12, 5, 8, 8, 8, 9, 10, 6\}$

First Fit: 选择第一个大小大于等于所需大小的分区进行分配。

- (1) 段 A 申请 12MB：比较次数 1，空闲空间 (MB)= $\{5, 18, 20, 8, 9, 10, 15\}$
- (2) 段 B 申请 10MB：比较次数 2，空闲空间 (MB)= $\{5, 8, 20, 8, 9, 10, 15\}$
- (3) 段 C 申请 9MB：比较次数 3，空闲空间 (MB)= $\{5, 8, 11, 8, 9, 10, 15\}$

Next Fit: 从上次分配的位置 p 开始查找，选择第一个大小大于等于所需大小的分区。

- (1) 段 A 申请 12MB：比较次数 1，空闲空间 (MB)= $\{(p)5, 18, 20, 8, 9, 10, 15\}$
- (2) 段 B 申请 10MB：比较次数 2，空闲空间 (MB)= $\{5, (p)8, 20, 8, 9, 10, 15\}$
- (3) 段 C 申请 9MB：比较次数 2，空闲空间 (MB)= $\{5, 8, (p)11, 8, 9, 10, 15\}$

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），请计算并写出计算过程：

- (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 132KB，数据段为 86KB，栈大小为 8KB，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？

解： 设 32 bits = 8 bits(P_1) + 6 bits(P_2) + 6 bits(P_3) + 12 bits(Offset)。 P_1 项数 = $2^{P_1} = 256$ ， P_2 项数 = $2^{P_2} = 64$ ， P_3 项数 = $2^{P_3} = 64$ 。

$$(1) \text{PageSize} = 2^{\text{Offset}} B = 2^{12} B = 4KB$$

$$(2) \text{TotalPages} = 2^{P1+P2+P3} = 2^{20} \text{页}$$

(3) 代码段页数 $= \lceil \frac{132KB}{PageSize} \rceil = 33$ 页，数据段页数 $= \lceil \frac{86KB}{PageSize} \rceil = 22$ 页，栈页数 $= \lceil \frac{8KB}{PageSize} \rceil = 2$ 页。

为了占用最少的物理页框，需要尽可能地用最少的页表条目覆盖程序各段。由于 P3 的一项映射到一个物理页框，所以需要 P3 项数 $= 33 + 22 + 2 = 57$ 项，即需要 P3 页数 $= \lceil \frac{57}{64} \rceil = 1$ 页；同理，需要 P2、P1 各一页，**最少需要占用的物理页框数 $= 57 + 1 + 1 + 1 = 60$ 个。**

为了占用最多的物理页框，需将程序各段尽可能分散存储，但段内的地址还是连续的。由于各段需要的物理页框数至少为 2，所以可以跨越三级页表和二级页表，因此需要最多三级页表数 $= 3 \times 2 = 6$ 个，需要最多二级页表数 $= 3 \times 2 = 6$ 个，由于一级页表能索引所有物理页框，所以需要一级页表数仍为 1 个，**最多需要占用的物理页框数 $= 57 + 6 + 6 + 1 = 70$ 个**

(4) 使用一级页表需要 $2^{20} \times 4B = 4MB$ 内存进行地址空间管理，需要 $57 + 1024 = 1081$ 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 8 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 64 项，每项 4B，一次 TLB 查询或 TLB 填充的延迟均为 5 ns，请计算：

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？如果想让虚实地址映射的平均延迟不超过 20 ns，那么 TLB 的命中率应为多少？（上述各项操作的延迟不变）

解：设命中率为 H。则虚实地址映射的平均延迟 $T_{avg} = T_{miss} \times (1 - H) + T_{hit} \times H$ 。其中 $T_{miss} = 5 + 100 = 105ns$, $T_{hit} = 5ns$ 。令 $T_{avg} = 40ns$, 可得 $H = 0.65$ 。令 $T_{avg} = 20ns$, 可得 $H = 0.85$ 。
15

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）

解：(1) Offset 位数 $= \log_2 4K = 12bits$ ，则一级页表索引有 $32 - 12 = 20bits$ ，故该页表的页表项有 $2^{20} = 1M$ 项。

(2) 每一次都触发 TLB miss，那么每次循环都要访问一个新的页，即 $X[i]$ 到 $X[i + M]$

(不含自身) 之间 M 个元素占用空间不能小于一个页的大小, $M \times 4B \geq 4KB$, 即 $M \geq 1024$ 。
 N 为正整数即可, $N \geq 0$

(3) 极端情况: 取 $M=0$, 命中率可以趋于 100%。

一般情况: 要保证每次循环访问的元素尽可能地利用已有的缓存。一页可以缓存 1K 个元素, 则 $M = 1$, $N = 1024$ 的整数倍时, 每次访问新页首次 miss 后, 后 1023 次访存能完全利用本页缓存 (假设页替换策略为 LRU)。