

2022.11.02 林彦毅 2020K8009915008

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, 8MB, 20MB, 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。

1) Best Fit: 段A申请: {空闲状态: 5MB, 18MB, 20MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 1
段B申请: {空闲状态: 5MB, 18MB, 20MB, 8MB, 9MB, 15MB.
比较次数: 6
段C申请: {空闲状态: 5MB, 18MB, 20MB, 8MB, 15MB.
比较次数: 5

2) Worst Fit: 段A申请: {空闲状态: 12MB, 5MB, 18MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 8
段B申请: {空闲状态: 12MB, 5MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 7
段C申请: {空闲状态: 12MB, 5MB, 8MB, 9MB, 10MB.
比较次数: 6

3) First Fit: 段A申请: {空闲状态: 5MB, 18MB, 20MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 1
段B申请: {空闲状态: 5MB, 20MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 2
段C申请: {空闲状态: 5MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 2

4) Next Fit: 段A申请: {空闲状态: 5MB, 18MB, 20MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 1
段B申请: {空闲状态: 5MB, 20MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 2
段C申请: {空闲状态: 5MB, 8MB, 9MB, 10MB, 15MB.
比较次数: 2

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20

KB，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。

1. 页大小：取决于offset，共12位，即 $2^{12}B = 4KB$ 。

2. 总共索引： $2^8 \times 2^6 \times 2^6 = 2^{20}$ 个页。

3. 内存分配规则：各段在内存中占据连续空间，但各段不相邻。

① 最少的情况：程序各段存储时首地址对齐，且分布尽可能集中。

则需占用 $12KB/4KB + 20KB/4KB + 4KB/4KB = 3 + 5 + 1 = 9$ (页)。

则对于第三级页表，其一个物理页框可索引 $2^6 = 64$ (页)，故最少需 $\lceil \frac{9}{64} \rceil = 2$ 个第三级物理页框。
第一、二级各需一个物理页框。

共计 $1 + 1 + 1 = 3$ 个物理页框。

② 最多的情况：程序各段存储时首地址不对齐，且各段不相邻。

a. 代码段最多占 $\lceil 12KB/4KB \rceil + 1 = 4$ 页。不妨假设其对应页表项连续横跨2个第三级物理页框，而该2个第三级物理页框仅由2个相邻的第二级页表的物理页框索引，同理对第一级，共需 $2 + 2 + 2 = 6$ 个物理框。

b. 数据段： $\lceil 20KB/4KB \rceil + 1 = 6$ 页。

c. 栈： $\lceil 4KB/4KB \rceil + 1 = 2$ 页。

类似代码段，其首地址可分别对应6个物理页框，共计 $6 + 6 + 6 = 18$ 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C

PU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？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）

1). 设TLB命中率为 x . 若平均延迟40ns, 则应有 $5x + (100 + 5 + 5)(1-x) = 40$, $105x = 70$, $x = \frac{2}{3}$
 若平均延迟15ns. 则应有 $5x + (100 + 5 + 5)(1-x) = 15$. $105x = 95$, $x = \frac{19}{21}$.

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)

1) 虚存容量 $2^{32} \text{ bit} = 2^2 \text{ GB}$. 页表项: $4 \text{ GB} / 4 \text{ KB} = 2^{20}$ (个).

2). 假设采用FIFO算法. 1个TLB可有项 $4 \times 8 \times 32 / 32 = 32$ 个 uint32 类型变量
 若有 $N > M \geq 2$, 则每次都会触发.

3) 当 $M=1$, $N=32$ 时, 循环中执行 TLB hit 次数最多. (前提: x 数组的存储地址按页对齐).