

第5章 存储器管理

5.1 简答题参考答案

1. 存储器管理的基本任务,是为多道程序的并发执行提供良好的存储器环境。请问:“良好的存储器环境”应包含哪几个方面?

【参考答案】“良好的存储器环境”应包含:①让每道程序“各得其所”,在不受干扰的环境中运行,还可以使用户从存储空间的分配、保护等烦琐事务中解脱出来;②向用户提供更大的存储空间,使更多的作业能同时运行,或使更大的作业能在较小的内存空间中运行;③为用户在信息的访问、保护、共享以及动态链接等方面提供方便;④使存储器有较高的利用率。

2. 内存保护是否可以完全由软件实现?为什么?

【参考答案】内存保护的主要任务,是确保每道程序都只能在自己的内存区中运行。这就要求系统能对每条指令所访问的地址是否超出自己内存区的范围进行越界检查,一旦发生越界,系统应能立即发出越界中断请求,抛弃该指令。若此检查完全用软件实现,则每执行一条指令时,都需要增加若干条指令去执行越界检查,这大大降低了程序的执行速度。因此,越界检查通常由硬件实现,以使指令能够与越界检查并行执行,从而不降低程序的执行速度。当然,越界后的处理仍须由软件配合完成。因此,内存保护是由硬件和软件协同完成的。

3. (考研真题)请解释什么是重定位?为什么要重定位?

【参考答案】①将用户程序的相对地址(逻辑地址)转换为绝对地址(物理地址)的过程,称为重定位。②由于在多道程序环境下,多个目标模块的起始地址通常是0,程序中的其他地址都是相对于0这一起始地址而言的。采用重定位,可根据内存的当前地址使用情况,将装入模块装入内存的适当位置,并确定装入的物理地址,以保证程序运行时存取指令或数据地址的正确。

4. 动态重定位的实现方式有哪几种?

【参考答案】动态重定位的实现必须有硬件地址转换机构的支持,其具体实现方式主要有以下2种。

(1) 连续分配方式下的动态重定位。该方式须在整个系统中设置一个重定位寄存器,用来存放正在执行的作业在内存中的起始地址。当CPU要存取指令或数据时,硬件地址转换机构会自动将逻辑地址与重定位寄存器的值相加,形成指令或数据的物理地址。

(2) 离散分配方式下的动态重定位。离散分配方式主要是指分页和分段存储管理方式。重定位过程为:①系统首先必须为每个作业配置一张页(段)表,用来记录作业的每个页(段)对应的内存块号(内存起始地址和段长),页(段)表被存放在内存中;②整个系统须设置一个页(段)表控制寄存器,用来存放正在执行的作业的页(段)表起始地址和长度;③当CPU要存取指令或数据时,硬件的地址转换机构会自动将逻辑地址分成页号和页内地址两部分(或

直接从逻辑地址中获得段号），根据页（段）号到控制寄存器所指示的页（段）表中获得对应的物理块号（或段的内存起始地址），并与页（段）的地址相加，最终形成物理地址。

5. 可采用哪几种方式将程序装入内存？它们分别适用于何种场合？

【参考答案】将程序装入内存可采用的方式有：绝对装入方式、重定位装入方式、动态运行时装入方式。绝对装入方式适用于单道程序环境中，重定位装入方式和动态运行时装入方式适用于多道程序环境中。

6. 何谓静态链接？静态链接时需要解决哪两个问题？

【参考答案】静态链接是指在程序运行之前，先将各目标模块及它们所需的库函数链接成一个完整的装入模块，以后不再拆开的链接方式。将几个目标模块链接成一个装入模块时，须解决以下2个问题。

- （1）修改相对地址，即将除第一个模块外的相对地址修改成装入模块中相应的相对地址。
- （2）变换外部调用符号，即将每个模块中所用的外部调用符号变换为相对地址。

7. （考研真题）编写程序时，源代码必须经过编译和链接生成目标代码，请问什么是链接？链接主要解决了什么问题？简述链接的主要类型及其优缺点。

【参考答案】链接是指由链接程序将编译后形成的一组目标模块以及所需库函数链接在一起，进而形成一个完整的装入模块。

链接程序按各个模块的相对地址依次构成统一的从0号单元开始编址的逻辑地址空间。链接主要有3种类型。

（1）静态链接：在程序运行之前，先将各目标模块及它们所需的库函数链接成一个完整的可执行程序，以后不再拆开。优点：适用范围比较广，无须担心用户机器缺少某个库函数。缺点：①修改或更新某个目标模块时需要重新打开装入模块，这不仅涉及效率问题，而且在很多时候甚至是不可能实现的；②在静态链接中，每个模块必含有目标模块的复制，无法实现共享。

（2）装入时动态链接：将用户程序编译后所得到的一组目标模块，采用边装入边链接的方式装入内存。优点：①便于修改和更新，针对动态链接方式，由于各目标模块是分开存放的，因此非常容易修改或更新各目标模块；②便于实现对目标模块的共享，针对装入时链接方式，很容易将一个目标模块链接到几个应用模块上，实现多个应用模块对目标模块的共享。缺点：由于应用程序事先无法确定本次要运行的模块，因此该程序的所有模块要全部装入内存，并在装入时链接在一起。有部分目标模块不会被运行，但也要装入，低效且浪费空间。

（3）运行时动态链接：将某些目标模块的链接推迟到程序执行时才进行。优点：在运行时动态链接过程中未用到的目标模块都不会被调入内存和链接，这样不仅能加快程序的装入过程，而且可以大大节省内存空间。

8. 为什么要引入对换？对换可分为哪几种类型？

【参考答案】在多道程序环境下，一方面，在内存中的某些进程会因某事件尚未发生而阻塞，但此时它占用了大量的内存空间，这样，内存中的所有进程都有可能被阻塞，进而发生迫使CPU停止下来等待的情况；另一方面，有许多作业因内存空间不足会一直驻留在外存上，而不能进入内存运行。这不仅浪费系统资源，而且会降低系统吞吐量。为了解决这一问题，在OS中引入了对换（也称交换）技术。

对换可分为整体对换和部分对换两种类型。整体对换是将整个进程换入/换出，主要用于缓

解目前系统中内存不足的这一情况。部分对换是将进程的一部分（页、段）换入/换出，主要用于实现虚拟存储器。

9. 在对换技术中，对文件区管理的目标和对对换空间管理的目标有何不同？

【参考答案】对文件区管理和对对换空间管理的目标分别为：①对文件区管理的主要目标是提高文件存储空间的利用率，然后才是提高对文件的访问速度，因此，对文件区管理采取的是离散分配方式；②对对换空间管理的主要目标是提高进程换入/换出的速度，然后才是提高文件存储空间的利用率，因此，对对换空间管理采取的是连续分配方式，较少考虑外存中的碎片问题。

10. 为什么说分段系统较分页系统更易实现信息共享与保护？

【参考答案】①对于分页系统，每个页面是分散存储的，为了实现信息共享与保护，页面之间需要一一对应起来，为此需要建立大量的页表项。②对于分段系统，每个段都从0开始编址，并采用一段连续的地址空间，这样在实现信息共享与保护时，只须为所要共享与保护的程序设置一个段表项，将其中的起始地址与内存一一对应起来即可。

11. 提高内存利用率的途径主要有哪些？

【参考答案】内存利用率不高，主要表现为4种形式：①内存中存在大量的、分散的、难以利用的碎片；②暂时或长期不能运行的程序和数据占据了大量的存储空间；③当作业较大时，内存中只能装入少量作业，当它们被阻塞时，将使CPU空闲，从而降低了内存的利用率；④内存中存在着重复的复制。

针对上述问题，可采用下述方法提高内存的利用率：①将连续分配方式改为离散分配方式，以减少内存中的碎片；②增加对换机制，将暂时不能运行的进程或暂时不需要的程序和数据换出至外存，以腾出内存来装入可运行的进程；③引入动态链接机制，当运行中的程序需要调用某段程序时，才将该段程序由外存装入内存；④引入虚拟存储器机制，使更多的作业能装入内存，提高了CPU的利用率，也可避免装入本次运行中不会用到的那部分程序和数据；⑤引入存储器共享机制，允许一个正文段或数据段被若干个进程共享，以减少内存中重复的复制。

5.2 计算题参考答案

12.（考研真题）假设一个分页存储系统具有快表，多数活动页表项都可以存在于其中。若页表放在内存中，内存访问时间是1ns，快表的命中率是85%，快表的访问时间为0.1ns，则有效存取时间为多少？

【参考答案】当快表的命中率为85%时，执行一次访问内存操作（有效存取）需要的时间为 $T=0.1 \times 85\% + 1 \times (1-85\%) + 1 = 1.235\text{ns}$ 。

13. 对一个将页表存放在内存中的分页系统：

（1）如果访问内存需要0.2μs，则有效访问时间为多少？

（2）如果加一快表，且假定在快表中找到页表项的概率高达90%，则有效访问时间又是多少（假定查快表须花费的时间为0）？

【参考答案】

（1）有效访问时间为 $2 \times 0.2 = 0.4\mu\text{s}$ 。

（2）有效访问时间为 $90\% \times 0.2 + (1-90\%) \times 2 \times 0.2 = 0.22\mu\text{s}$ 。

14. 某系统采用分页存储管理方式, 拥有逻辑空间 32 页, 每页 2KB; 拥有物理空间 1MB。

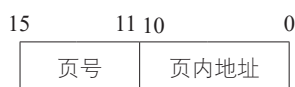
(1) 写出逻辑地址的格式。

(2) 若不考虑访问权限等, 则进程的页表有多少项? 每项至少有多少位?

(3) 如果物理空间减少一半, 则页表结构应相应地做怎样的改变?

【参考答案】

(1) 该系统拥有逻辑空间32页, 故逻辑地址中页号必须用5位来描述。而每页为2KB, 因此, 页内地址必须用 11位来描述, 这样即可得到它的逻辑地址格式如下。



(2) 每个进程最多有32个页面, 因此, 进程的页表项最多为32项。若不考虑访问权限等, 则页表项中只须给出页所对应的物理块块号, 1MB的物理空间可分成 2^9 个内存块, 故每个页表项至少有9位。

(3) 如果物理空间减少一半, 则页表中的页表项数仍不变, 但每项的长度可减少1位。

15. 已知某分页系统, 内存容量为 64KB, 页面大小为 1KB, 对一个 4 页大的作业, 其 0、1、2、3 页分别被分配到内存的 2、4、6、7 块中。

(1) 将十进制的逻辑地址 1 023、2 500、3 500、4 500 转换为物理地址。

(2) 以十进制的逻辑地址 1 023 为例, 画出地址转换过程图。

【参考答案】

(1) 对上述逻辑地址, 可首先计算出它们的页号和页内地址(逻辑地址除以页面大小, 得到的商为页号, 余数为页内地址), 然后通过页表将其转换成对应的物理地址。

① 逻辑地址1 023。 $\lfloor 1\ 023/1K \rfloor = 0$, $1\ 023 \% 1K = 1\ 023$, 因此页号为0, 页内地址为1 023, 查页表找到对应的物理块号为2, 故物理地址为 $2 \times 1K + 1\ 023 = 3\ 071$ 。

② 逻辑地址2 500。 $\lfloor 2\ 500/1K \rfloor = 2$, $2\ 500 \% 1K = 452$, 因此页号为2, 页内地址为452, 查页表找到对应的物理块号为6, 故物理地址为 $6 \times 1K + 452 = 6\ 596$ 。

③ 逻辑地址3 500。 $\lfloor 3\ 500/1K \rfloor = 3$, $3\ 500 \% 1K = 428$, 因此页号为3, 页内地址为428, 查页表找到对应的物理块号为7, 故物理地址为 $7 \times 1K + 428 = 7\ 596$ 。

④ 逻辑地址4 500。 $\lfloor 4\ 500/1K \rfloor = 4$, $4\ 500 \% 1K = 404$, 因此页号为4, 页内地址为404, 因页号大于页表长度, 故产生越界中断。

(2) 逻辑地址1 023的地址转换过程如图1-5-1所示。

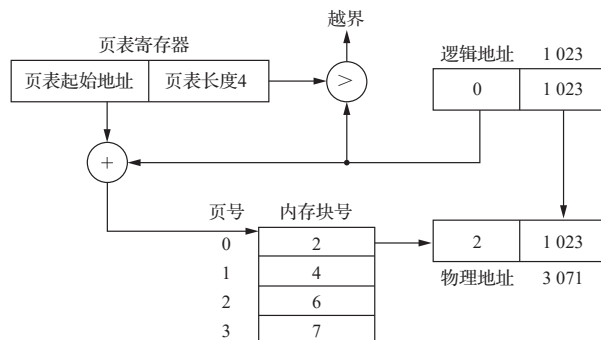


图 1-5-1 地址转换过程图

16. (考研真题) 已知某系统页面大小为 4KB, 每个页表项的大小为 4B, 采用多层分页策略映射 64 位的用户地址空间。若限定最高层页表只占 1 页, 问它可采用几层分页策略。

【参考答案】由题意可知, 该系统的用户地址空间为 2^{64}B , 而页的大小为 4KB, 故作业最多可有 $2^{64}/2^{12}=2^{52}$ 个页, 其页表的大小则为 $2^{52} \times 4=2^{54}\text{B}$ 。因此, 又可将页表分成 2^{42} 个页表项, 并为它建立二级页表, 二级页表的大小为 2^{44}B 。依次类推, 可知道它的 3、4、5、6 级页表的长度分别是 2^{34}B 、 2^{24}B 、 2^{14}B 、 2^4B , 故必须采取 6 层分页策略。

17. 对于表 1-5-1 所示的段表, 请将逻辑地址 (0,137), (1,4 000), (2,3 600), (5,230) 转换成物理地址。

表 1-5-1 段表

段号	内存起始地址	段长
0	50K	10K
1	60K	3K
2	70K	5K
3	120K	8K
4	150K	4K

【参考答案】本问题分步解答如下。

(1) 段号 0 小于段表长度 5, 故段号合法; 由段表的第 0 项可获得段的内存起始地址为 50K, 段长为 10K; 由于段内地址 137 小于段长 10K, 故段内地址也合法, 因此可得出对应的物理地址为 $50\text{K}+137=51\ 337$ 。

(2) 段号 1 小于段表长度, 故段号合法; 由段表的第 1 项可获得段的内存起始地址为 60K, 段长为 3K; 经检查, 段内地址 4000 超过了段长 3K, 因此产生越界中断。

(3) 段号 2 小于段表长度, 故段号合法; 由段表的第 2 项可获得段的内存起始地址为 70K, 段长为 5K; 故段内地址 3600 也合法。因此, 可得出对应的物理地址为 $70\text{K}+3\ 600=75\ 280$ 。

(4) 段号 5 等于段表长度, 故段号不合法, 产生越界中断。

5.3 综合应用题参考答案

18. (考研真题) 某系统采用动态分区分配方式管理内存, 内存空间为 640KB, 低端 40KB 存放 OS。系统为用户作业分配空间时, 从低地址区开始。对下列作业请求序列, 画图表示使用首次适应算法进行内存分配和回收后内存的最终映像。作业请求序列如下:

作业 1 申请 200KB, 作业 2 申请 70KB;

作业 3 申请 150KB, 作业 2 释放 70KB;

作业 4 申请 80KB, 作业 3 释放 150KB;

作业 5 申请 100KB, 作业 6 申请 60KB;

作业 7 申请 50KB, 作业 6 释放 60KB。

【参考答案】首次适应算法的思想是把空闲分区按照地址递增的顺序组成一个链表, 为进程分配内存时从链首开始查找, 直至找到能容纳进程的分区。本题使用首次适应算法进行内存分配与回收后, 具体过程如下。

- (1) 初始时OS存放在0K ~ 40K, 40K ~ 600K为空。
- (2) 作业1申请200K, 作业2申请70K: OS存放在0K ~ 40K, 作业1存放在40K ~ 240K, 作业2存放在240K ~ 310K, 310K ~ 600K为空。
- (3) 作业3申请150K, 作业2释放70K: OS存放在0K ~ 40K, 作业1存放在40K ~ 240K, 240K ~ 310K为空, 作业3存放在310K ~ 460K, 460K ~ 600K为空。
- (4) 作业4申请80K, 作业3释放150K: OS存放在0K ~ 40K, 作业1存放在40K ~ 240K, 240K ~ 460K为空, 作业4存放在460K ~ 540K, 540K ~ 600K为空。
- (5) 作业5申请100K, 作业6申请60K: OS存放在0K ~ 40K, 作业1存放在40K ~ 240K, 作业5存放在240K ~ 340K, 作业6存放在340K ~ 400K, 400K ~ 460K为空, 作业4存放在460K ~ 540K, 540K ~ 600K为空。
- (6) 作业7申请50K, 作业6释放60K: OS存放在0K ~ 40K, 作业1存放在40K ~ 240K, 作业5存放在240K ~ 340K为空, 作业7存放在400K ~ 450K, 450K ~ 460K为空, 作业4存放在460K ~ 540K, 540K ~ 600K为空。

因此, 内存的最终映像如图1-5-2所示。

19. 某 OS 采用分段存储管理方式, 用户区内存为 512KB, 空闲块链入空闲块表, 分配时截取空闲块的前半部分 (低地址部分), 初始时全部空闲。执行申请、释放操作序列 request (300KB)、request (100KB)、release (300KB)、request (150KB)、request (50KB)、request (90KB) 后:

- (1) 若采用首次适应算法, 则空闲块表中有哪些空闲块 (指出大小及起始地址)?
- (2) 若采用最佳适应算法, 则空闲块表中有哪些空闲块 (指出大小及起始地址)?
- (3) 若随后又要申请 80KB, 则针对上述两种情况会产生什么后果? 这说明了什么问题?

【参考答案】

(1) 采用首次适应算法时的内存分配情况如图1-5-3 (a) 所示。内存中有两个空闲块。第1块: 起始地址290K, 大小10KB。第2块: 起始地址400K, 大小112KB。

(2) 采用最佳适应算法时的内存分配情况如图1-5-3 (b) 所示。内存中有两个空闲块。第1块: 起始地址240K, 大小60KB。第2块: 起始地址450K, 大小62KB。

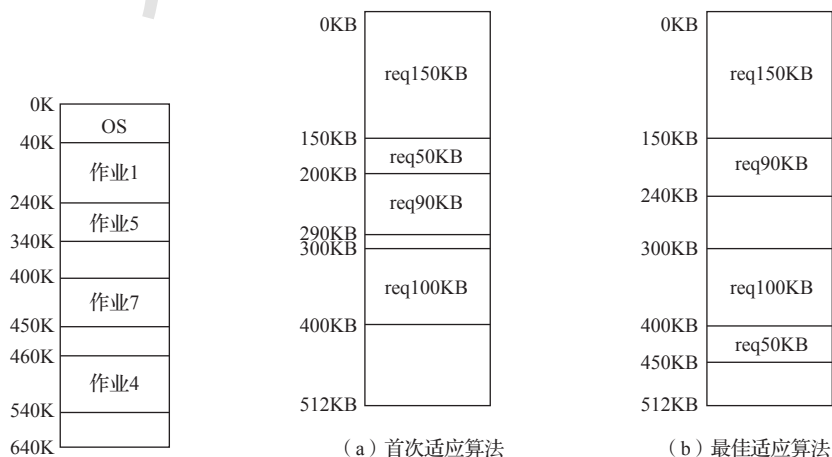


图 1-5-2 内存最终映像

图 1-5-3 内存分配情况

(3) 若随后又要申请80KB, 则首次适应算法可以分配成功, 而最佳适应算法没有足够大的空闲区以供分配。这说明首次适应算法尽可能地使用了低地址部分空闲区域, 而留下了高地址部分的大空闲区, 因此更有可能满足进程的请求。

20. 某系统的空闲分区如表 1-5-2 所示, 采用可变分区分配策略处理作业。现有作业序列 96KB、20KB、200KB, 若采用首次适应算法和最佳适应算法来处理这些作业序列, 则哪种算法能满足该作业序列的请求? 为什么?

表1-5-2 空闲分区表

分区号	分区大小	分区起始地址
1	32KB	100K
2	10KB	150K
3	5KB	200K
4	218KB	220K
5	96KB	530K

【参考答案】本问题分步解答如下。

(1) 采用首次适应算法时, 96KB作业进入4号空闲分区, 20KB作业进入1号空闲分区, 这时空闲分区如表1-5-3所示。

表1-5-3 采用首次适应算法时的空闲分区表

分区号	分区大小	分区起始地址
1	12KB	120K
2	10KB	150K
3	5KB	200K
4	122KB	316K
5	96KB	530K

此时再无空闲分区可以满足200KB大小的作业, 因此该作业序列的请求无法被满足。

(2) 采用最佳适应算法时, 作业序列分别进入5、1、4号空闲分区, 可以满足该作业序列的请求。分配处理之后的空闲分区如表1-5-4所示。

表1-5-4 采用最佳适应算法时的空闲分区表

分区号	分区大小	分区起始地址
1	12KB	120K
2	10KB	150K
3	5KB	200K
4	18KB	420K

第6章 虚拟存储器

6.1 简答题参考答案

1. 常规存储器管理方式具有哪两大特征？它们对系统性能有何影响？

【参考答案】常规存储器管理方式具有一次性和驻留性这两大特征。一次性指进程必须全部装入内存；驻留性指在程序运行过程中，进程全部驻留在内存中。一次性对内存空间的浪费非常大；驻留性使内存中暂时不用的程序或数据无法被释放。

2. 什么是虚拟存储器？如何实现页式虚拟存储器？

【参考答案】虚拟存储器是具有请求调入功能和置换功能，能从逻辑上对内存容量进行扩充的一种存储系统。从用户观点看，虚拟存储器具有比实际内存大得多的容量，其逻辑容量由逻辑地址结构以及内存和外存容量之和决定，其运行速度接近于内存的存取速度，而每位成本却又接近于外存。

为实现虚拟存储器，首先需要扩充页表，增加状态位以指出所需页是否在内存中，增加外存起始地址以便调入页面，增加引用位以供置换算法使用，增加修改位以减少换出时写入磁盘的次数。另外，还要使用两种关键技术。①请求调页技术。该项技术是指及时将进程所要访问的不在内存中的页调入内存。该功能是由硬件（缺页中断机构发现缺页）和软件（将所需页调入内存）配合实现的。②置换页技术。该项技术是指当内存中已无足够空间用于装入即将调入的页时，为了保证进程能继续运行，系统必须换出内存中的部分页，以腾出足够的空间。具体的置换操作并不复杂，其关键是确定应将哪些页换出，即采取什么置换算法。

3. “整体对换从逻辑上也扩充了内存，因此也实现了虚拟存储器的功能”这种说法是否正确，请说明理由。

【参考答案】这种说法是错误的。整体对换将内存中暂时不用的某个程序及其数据换出至外存，腾出足够的内存空间以装入在外存中具备运行条件的进程所对应的程序和数据。虚拟存储器是指仅把作业的一部分装入内存便可运行作业的存储器系统，亦指具有请求调入功能和置换功能、能从逻辑上对内存容量进行扩充的存储器系统，它的实现必须建立在离散分配的基础上。虽然整体对换和虚拟存储器均能从逻辑上扩充内存空间，但整体对换不具备离散性。实际上，在具有整体对换功能的系统中，进程的大小仍将受到实际内存容量的限制。

4. 在请求分页系统中，为什么说一条指令执行期间可能产生多次缺页中断？

【参考答案】在请求调页时，只要作业的部分页在内存中，该作业就能执行；而在执行过程中发现所要访问的指令或数据不在内存中时，系统会产生缺页中断，将所需的页面调入内存。在请求调页系统中，一条指令（如copy A to B）可能跨了两个页，而其中要访问的操作数可能与指令不在同一个页上，且操作数本身也可能跨了两个页。当要执行这类指令而相应的页又都不在内存中时，就将产生多次缺页中断。

5. 试比较缺页中断与一般的中断，它们之间有何明显区别？

【参考答案】缺页中断与一般中断的区别主要有：①一般中断只需要保护现场然后即可直接跳到须及时处理的地方；②缺页中断除了需要保护现场外，还需要判断内存中是否有足够的空间来存储所需的页或段，然后再把所需的页或段调进来使用。

6. 试说明在请求分页系统中页面的调入过程。

【参考答案】每当程序所要访问的页面未在内存时（存在位为“0”），便向CPU发出缺页中断，中断处理程序保存CPU现场信息，分析中断原因后，转入缺页中断处理程序。该程序通过查找页表得到该页在外存的物理地址，如果此时内存能容纳新页，则启动磁盘，将所缺页面调入内存，然后修改页表。如果内存已满，则须按照某种置换算法进行页面置换；如果换出页面被修改过（修改位为“1”），则必须将它写回磁盘，再把缺页调入内存，将页表中调入页的存在位改为“1”，并将此页表项写入快表中。利用修改后的页表，形成要访问数据的物理地址，再去访问内存数据。整个页面调入过程对用户是透明的。

7. （考研真题）简述在具有快表的请求分页系统中，将逻辑地址转换为物理地址的完整过程。

【参考答案】在具有快表的请求分页系统中，将逻辑地址转换为物理地址的完整过程为：①检索快表，试图从中找出所要访问的页；②如果找到，那么修改页表项中的访问位，供置换算法选择淘汰页时参考，将写指令的修改位置1，然后利用页表项中给出的物理块号和页内地址形成物理地址，地址转换结束；③如果没找到，那么应到内存中查找页表，再根据查找到的页表项中的状态位来判断该页是否已调入内存。若该页已调入内存，则将该页的页表项写入快表。当快表已满时，先调出按某种算法所确定的页的页表项，再写入该页的页表项。若该页未调入内存，则产生缺页中断，请求OS从外存中将该页调入内存，再转到步骤②进行地址转换。

8. 何谓固定分配局部置换和可变分配全局置换的内存分配策略？

【参考答案】

（1）固定分配局部置换：固定分配是指，为每个进程分配一组固定数目的物理块，在进程运行期间不再改变；局部置换是指，如果进程在运行中发现缺页，则只能从分配给该进程的 n 个页面中选出1页换出，然后再调入1页。

（2）可变分配全局置换：可变分配是指，先为每个进程分配一定数目的物理块，在进程运行期间，可根据情况做适当的改变；全局置换是指，如果进程在运行中发现缺页，则将OS所保留的空闲物理块或者所有进程的全部物理块选择1块换出然后再将缺页调入。

9. 实现 LRU（least recently used，最近最久未使用）页面置换算法所需要的硬件支持是什么？

【参考答案】需要寄存器和栈等硬件支持。寄存器用于记录某进程在内存中各页的使用情况；栈用于保存当前使用的各页的页面号。

10. 什么是“抖动”？产生“抖动”的原因是什么？

【参考答案】①“抖动”是指刚被换出的页很快被访问，须重新调入，因此须再选一页调出，而此时被换出的页很快又要被访问，因而又须将它调入，如此频繁地更换页面，使得系统把大部分时间用在了页面的换进/换出上，而几乎不能完成任何有效的工作，我们称这一现象为“抖动”。②产生“抖动”的根本原因是同时在系统中运行的进程太多，分配给每个进程的物理块数太少，其不能满足进程正常运行的基本要求，致使每个进程在运行时频繁缺页。

11. 何谓工作集？它是基于什么原理而确定的？

【参考答案】①工作集（或驻留集）是指在某段时间间隔内进程实际要访问的页面集合。经常被使用的页面需要存在于工作集中，而长期不被使用的页面则要从工作集中丢弃。②确定工作集的原理是：基于程序运行时的局部性原理，程序在运行期间对页面的访问在一段时间内局限于较少的页面，这些页面称为活跃页面，页面集合即为工作集。如果能预先将活跃页面调入内存，则将大大降低缺页率。因此须使OS跟踪每个进程的工作集，并为进程分配大于其工作集的物理块。如果还有空闲物理块，则可以再调一个进程到内存以增加多道程序数。如果所有工作集之和超过了可用物理块的总数，那么OS会暂停一个进程，将其页面调出并且将其物理块分配给其他进程，以防止出现抖动现象。正确选择工作集的大小，对存储器利用率和系统吞吐量的提高具有重要影响。

12. 为了实现请求分段存储管理，应在系统中增加配置哪些硬件机构？

【参考答案】为了实现请求分段存储管理，应在系统中配置多种硬件机构，以支持快速完成请求分段功能。所需的硬件支持有段表机制、缺段中断机构以及地址转换机构。

6.2 计算题参考答案

13.（考研真题）某虚拟存储器的用户空间共有 32 个页面，每页 1KB，内存 16KB。假定某时刻系统为用户的第 0、1、2、3 页分配的物理块号分别为 5、10、4、7，而该用户作业的长度为 6 页，试将十六进制逻辑地址 0A5C、103C、1A5C 转换成物理地址。

【参考答案】由题目所给条件可知，该系统的逻辑地址有 15 位，其中高 5 位为页号，低 10 位为页内地址；物理地址有 14 位，其中高 4 位为块号，低 10 位为块内地址。另外，由于题目中给出的逻辑地址是十六进制数，故可先将其转换成二进制数以直接获得页号和页内地址，再完成地址的转换。

（1）逻辑地址 0A5CH 转化为二进制为 000 1010 0101 1100，页号为 0 0010，即 2 号页，页号合法。从页表中找到对应的内存物理块号为 4，即 0100；与页内地址 10 0101 1100 拼接而形成物理地址 01 0010 0101 1100，即 125CH。

（2）逻辑地址 103CH 的页号为 4，页号合法，但该页未装入内存，故产生缺页中断。

（3）逻辑地址 1A5CH 的页号为 6，页号非法，故产生越界中断。

14. 某请求调页系统，页表保存在寄存器中。若一个被替换的页未被修改过，则处理一个缺页中断需要 8ms；若被替换的页已被修改过，则处理一个缺页中断需要 20ms。内存存取时间为 1μs，访问页表的时间可忽略不计。假定 70% 被替换的页被修改过，为保证有效存取时间不超过 2μs，可接受的最大缺页率是多少？

【参考答案】如果用 p 表示缺页率，则有效访问时间不超过 2μs 可表示为：

$$(1-p) \times 1\mu s + p \times (70\% \times 20ms + 30\% \times 8ms + 1\mu s) \leq 2\mu s$$

因此可计算出： $p \leq 1/16\ 400 \approx 0.000\ 06$ ，即可接受的最大缺页率为 0.000 06。

15.（考研真题）某分页式虚拟存储系统，用于页面交换的磁盘的平均访问与传输时间是 20ms，页表保存在内存中，访问时间为 1μs，即每引用一次指令或数据就需要访问内存 2 次。为改善性能，可以增设一个联想寄存器，若页表项在联想寄存器中，则只要访问 1 次内存。假设 80% 的访问对应的页表项在联想寄存器中，剩下的 20% 中有 10% 的访问（即总数的 2%）会产生缺页。请计算有效访问时间。

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) 80%的访问的页表项在联想寄存器中, 访问耗时 $1\mu\text{s}$ 。

(2) 18%的访问的页表项不在联想寄存器中, 但在内存中, 访问耗时 $(1\mu\text{s}+1\mu\text{s})$ 。

(3) 2%的访问产生缺页中断, 访问耗时 $(1\mu\text{s}+1\mu\text{s}+20\text{ms}+1\mu\text{s})$ 。

因此有效访问时间为 $80\% \times 1 + (1-80\%) \times [(1-10\%) \times 1 \times 2] + 2\% \times (1 \times 3 + 20 \times 1000) = 401.22\mu\text{s}$

16. 假定某 OS 存储器采用页式存储管理, 一个进程在快表中的页表项如表 1-6-1 所示, 在内存中的页表项如表 1-6-2 所示。

表1-6-1 快表中的页表项

页号	页帧号
0	f1
1	f2
2	f3
3	f4

表1-6-2 内存中的页表项

页号	页帧号
4	f5
5	f6
6	f7
7	f8
8	f9
9	f10

注: 只列出不在快表中的页表项。

假定该进程长度为 320B, 每页 32B。现有逻辑地址 101、204、576 (八进制), 若这些逻辑地址能转换成物理地址, 则说明转换的过程, 并指出具体的物理地址; 若不能转换, 则说明原因。

【参考答案】1页的大小为32B, 逻辑地址结构为: 低5位为页内位移, 其余高位为页号。

101 (八进制) = 001 000 001 (二进制), 因此页号为2, 在联想寄存器中, 对应的块号为 f3, 即物理地址为 (f3, 1)。

204 (八进制) = 010 000 100 (二进制), 因此页号为4, 不在联想寄存器中, 查找内存的页表得块号为 f5, 即物理地址为 (f5, 4), 用其更新联想寄存器。

576 (八进制) = 101 111 110 (二进制), 因此页号为11, 已超出页表范围, 即产生越界中断。

17. 有一个矩阵 $\text{int } A[100,100]$ 以行优先方式进行存储。计算机采用虚拟存储系统, 物理内存共有 3 页, 其中 1 页用来存放程序, 其余 2 页用来存放数据。假设程序已在内存中占了 1 页, 其余 2 页空闲。若每页可存放 200 个整数, 则程序 1、程序 2 执行的过程中各会发生多少次缺页? 当每页只能存放 100 个整数时, 又会发生多少次缺页? 以上结果说明了什么问题?

程序 1 :

```
for(i=0;i<100;i++)
    for(j=0;j<100;j++)
        A[i,j]=0;
```

程序 2 :

```
for(j=0;j<100;j++)
    for(i=0;i<100;i++)
        A[i,j]=0;
```

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) 程序1按行优先的顺序访问数组元素, 与数组在内存中存放的顺序一致, 每个内存页面可存放200个数组元素。这样, 程序1每访问两行数组元素就会产生1次缺页中断, 因此程序1在执行过程中会发生50次缺页。

(2) 程序2按列优先的顺序访问数组元素, 由于每个内存页面存放两行数组元素, 因此程

序2每访问两个数组元素就会产生1次缺页中断，整个执行过程会发生5000次缺页。

(3) 若每页只能存放100个整数，则每页仅能存放一行数组元素，同理可以计算出：程序1在执行过程中产生100次缺页；程序2在执行过程中产生10 000次缺页。

(4) 以上结果说明：缺页的次数与内存中数据存放的方式及程序执行的顺序有很大关系。同时说明：当缺页中断次数不多时，减小页面大小影响并不大；但当缺页中断次数很多时，减小页面大小会带来很严重的影响。

6.3 综合应用题参考答案

18. (考研真题) 有一个请求分页式虚拟存储器系统，分配给某进程 3 个物理块，开始时内存中预装入第 1,2,3 个页面，该进程的页面访问序列为 1, 2, 4, 2, 6, 2, 1, 5, 6, 1。

- (1) 若采用 OPT (optimal, 最佳) 页面置换算法，则访问过程发生的缺页率为多少？
- (2) 若采用 LRU 页面置换算法，则访问过程中的缺页率为多少？

【参考答案】

(1) 采用OPT页面置换算法时，因为内存中预装入了前3个页面，所以前3个页面不发生缺页。访问过程中发生了2次缺页，缺页率 $f=2/10 \times 100\%=20\%$ 。页面置换走向如图1-6-1所示。

访问串	1	2	4	2	6	2	1	5	6	1
内存	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		2	2	2	2	2	2	5	5	5
			4	4	6	6	6	6	6	6
缺页					√			√		

图 1-6-1 采用OPT页面置换算法时的页面置换走向

(2) 采用LRU页面置换算法时，访问过程中发生了4次缺页，缺页率 $f=4/10 \times 100\%=40\%$ 。页面置换走向如图1-6-2所示。

访问串	1	2	4	2	6	2	1	5	6	1
内存	1	1	1	1	6	6	6	5	5	5
		2	2	2	2	2	2	2	6	6
			4	4	4	4	1	1	1	1
缺页					√		√	√	√	

图 1-6-2 采用LRU页面置换算法时的页面置换走向

19. 进程已分配到 4 个块，如表 1-6-3 所示 (页号为十进制，从 0 开始编号)。当进程访问第 4 页时，产生缺页中断，请分别用 FIFO (first in first out, 先进先出) 页面置换算法和 LRU 页面置换算法决定缺页中断处理程序选择换出的页面。

表1-6-3 页表

块号	页号	装入时间	最近访问时间	访问位	修改位
2	0	60	161	0	1
1	1	130	160	0	0
0	2	26	162	1	0
3	3	20	163	1	1

【参考答案】

(1) FIFO页面置换算法:按照先进先出规则,最先进入的页面应最先被换出,因此访问第4页时,缺页中断处理程序应选择的是3号页。由于该页的修改位是1,在换出内存后应先进行回写,即重新保存。

(2) LRU页面置换算法:最近一次访问时间离当前最远的页面应被选择换出,因此缺页中断处理程序应选择的是1号页。

20. 某系统有4个页,某个进程的页面使用情况如表1-6-4所示,问采用FIFO、LRU、简单Clock和改进型Clock页面置换算法,分别会置换哪一页?

表1-6-4 页面使用情况

页号	装入时间	上次引用时间	R(读)	M(修改)
0	126	279	0	0
1	230	260	1	0
2	120	272	1	1
3	160	280	1	1

【参考答案】

(1) FIFO页面置换算法选择最先进入内存的页面进行替换。由表1-6-4中所示装入时间可知,2号页最先进入内存,因此FIFO页面置换算法将选择2号页替换。

(2) LRU页面置换算法选择最近最长时间未使用的页面进行替换。由表1-6-4中所示的上次引用时间可知,1号页是最近最长时间未使用的页面,因此LRU页面置换算法将选择1号页替换。

(3) 简单Clock页面置换算法从上一次的位置开始扫描,选择第一个访问位为0的页面进行替换。由表1-6-4中的R(读)标志位可知,按装入顺序依次扫描,页面0未被访问,扫描结束,因此简单Clock页面置换算法将选择0号页替换。

(4) 改进型Clock页面置换算法从上一次的位置开始扫描,首先寻找未被访问和修改的页面。由表1-6-4中的R(读)标志位和M(修改)标志位可知,只有页面0满足R=0和M=0,因此改进型Clock页面置换算法将选择0号页替换。

21. (考研真题)请求分页管理系统中,假设某进程的页表内容如表1-6-5所示。

表1-6-5 进程页表内容

页号	页框号	有效位(存在位)
0	101H	1
1	—	0
2	254H	1

页面大小为4KB,一次内存的访问时间是100ns,一次快表的访问时间是10ns,处理一次缺页的平均时间是 10^8 ns(已含更新快表和页表的时间),进程的驻留集大小固定为2,采用LRU页面置换算法和局部淘汰策略。假设:①快表初始为空;②地址转换时先访问快表,若快表未命中,则再访问页表(忽略访问页表之后的快表更新时间);③有效位为0表示页面不在内存中,产生缺页中断,缺页中断被处理后,返回产生缺页中断的指令处重新

执行。设有虚地址访问序列 2362H、1565H、25A5H，请问：

- (1) 依次访问上述 3 个虚地址，各需要多少时间？给出计算过程。
- (2) 基于上述访问序列，虚地址 1565H 的物理地址是多少？请说明理由。

【参考答案】

(1) 页面大小为 $4KB=2^{12}B$ ，故页内偏移量为 12 位，占虚地址的低 12 位，高 4 位为页号。虚地址 2362H 的页号为 2，页内地址为 362H。先访问快表（10ns），未命中；再去访问页表（100ns），获得对应的物理块号 254H，其与页内地址 362H 拼接成物理地址 254362H，同时将第 2 页的信息装入快表中；最后根据这个物理地址访问内存（100ns）。因此，访问到虚地址对应单元的数据总共需要 $10ns+100ns+100ns=210ns$ 。

同理，虚地址 1565H 的页号为 1，页内地址为 565H。先访问快表（10ns），未命中；访问页表（100ns），不在内存中，产生缺页中断，中断处理时间为 10^8ns ，然后返回产生缺页中断的指令处重新执行，并以此更新快表和页表；访问快表（10ns）便可得到对应的物理地址，根据物理地址访问内存（100ns）。总共需要 $10ns+100ns+10^8ns+10ns+100ns \approx 10^8ns$ 。

同理，虚地址 25A5H 的页号为 2，页内地址为 5A5H。先访问快表（10ns），该页信息已装入快表，获得对应的物理块号 254H，从而拼接成物理地址 2545A5H，根据该地址访问数据（100ns）。总共需要 110ns。

(2) 访问 1565H 时，产生缺页中断，在处理中断时，合法驻留集为 2，内存已满，LRU 页面置换算法将选择淘汰 0 号页，然后将 101H 号页框分配给 1 号页，这样便可得到页对应的物理块号 101H，其与页内地址 565H 拼接成的物理地址为 101565H。

第7章 输入/输出系统

7.1 简答题参考答案

1. 试说明 I/O 系统的基本功能。

【参考答案】I/O 系统的基本功能主要包括：①隐藏物理设备的细节；②保证 OS 与设备无关；③提高处理机和 I/O 设备的利用率；④控制 I/O 设备；⑤确保对设备的正确共享；⑥处理错误。

2. I/O 软件一般分为用户层软件、设备独立性软件、设备驱动程序和中断处理程序这 4 个层次，它们的基本功能分别是什么？请说明下列工作分别是在哪一层完成的？

- (1) 向设备寄存器写命令。
- (2) 检查用户是否有权使用设备。
- (3) 将二进制整数转换成 ASC II 的格式打印。
- (4) 缓冲管理。

【参考答案】

- (1) 向设备寄存器写命令是在设备驱动程序中完成的。

(2) 检查用户是否有权使用设备, 属于设备保护, 因此其在设备独立性软件中完成。

(3) 将二进制整数转换成ASCII格式打印是通过I/O库函数完成的, 如C语言的库函数printf中就有打印格式的控制字符串, 因此其在用户层软件中完成。

(4) 缓冲管理属于I/O的公有操作, 因此是在设备独立性软件中完成的。

3. 设备控制器由哪几部分组成? 为了实现CPU与设备控制器之间的通信, 设备控制器应具备哪些功能?

【参考答案】①设备控制器的组成部分主要包括设备控制器与CPU的接口、设备控制器与设备的接口、I/O逻辑这3部分。②设备控制器应具备接收和识别命令、交换数据、标志和报告设备的状态、缓冲地址、识别数据、控制差错等功能。

4. (考研真题) 什么是通道? 通道经常采用图1-7-1所示的交叉连接方式, 为什么?

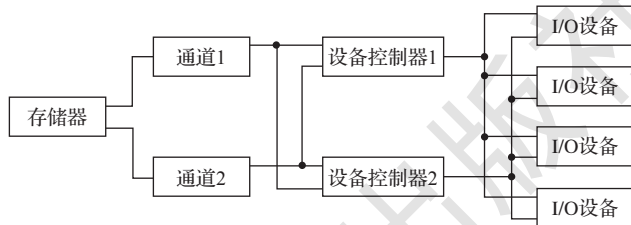


图1-7-1 通道交叉连接图

【参考答案】①通道是一种特殊的处理机, 它具有执行I/O指令的能力, 并且可以通过执行通道I/O程序来控制I/O操作。②图1-7-1中的交叉连接主要是为了解决通道的瓶颈问题。之所以会产生瓶颈问题, 是因为通道价格昂贵, 设置的通道数量较少, 导致系统吞吐量下降。交叉连接的多通路方式不仅解决了瓶颈问题, 还提高了系统可靠性。

5. 设备中断处理程序通常须完成哪些工作? 它对中断进行处理的过程包含哪些步骤?

【参考答案】设备中断处理程序要完成: ①唤醒被阻塞的驱动进程; ②保存被中断进程的CPU现场信息; ③转入相应的设备处理程序; ④处理中断; ⑤恢复被中断进程的CPU现场。对中断进行处理的过程为: ①测定是否有未响应的中断信号; ②保护被中断进程的CPU现场; ③转入相应的设备处理程序; ④处理中断; ⑤恢复CPU现场并退出中断。

6. (考研真题) 为什么要有设备驱动程序? 用户进程是如何通过设备驱动程序来控制设备工作的?

【参考答案】设备驱动程序与硬件密切相关, 主要负责接收上层软件发来的I/O指令, 并将其转换成具体要求发送给设备控制器; 反之, 也将来自设备控制器的信号传送给上层软件。采用设备驱动程序实现I/O系统的高层与设备控制器之间的通信, 驱动I/O设备工作。

用户进程通过设备驱动程序控制设备工作的过程为: ①接收由用户进程发来的I/O命令和参数, 并将命令中的抽象要求转换为具体要求, 如将磁盘盘块号转换为磁盘的盘面、磁道和扇区号; ②检查用户I/O请求的合法性, 如果请求不合法, 则拒绝接收I/O请求并反馈用户进程; ③了解I/O设备的状态, 如果设备准备就绪, 则可由设备控制器设置设备的工作方式、传递有关参数; 否则, 将请求者的请求块挂到设备请求队列上等待; ④发出I/O命令, 如果设备空闲, 则立即启动I/O设备, 完成指定的I/O操作。

7. 推动 I/O 控制方式发展的主要因素是什么？

【参考答案】推动I/O控制方式发展的主要因素包括：①尽量减少CPU对I/O控制的干预，把CPU从繁杂的I/O控制中解脱出来，以便更多地去完成数据处理任务；②缓和CPU的高速性和设备的低速性之间速度不匹配的矛盾，以提高CPU利用率和系统吞吐量；③提高CPU和I/O设备操作的并行程度，使CPU和I/O设备都处于忙碌状态，提高整个系统的资源利用率和系统吞吐量。

8. 请说明中断驱动 I/O 方式和 DMA (direct memory access, 直接存储器访问) 方式有什么不同。

【参考答案】它们主要在以下两个方面有不同。

(1) I/O中断频率。在中断驱动I/O方式中，每当输入数据缓冲寄存器中装满输入数据或将输出数据缓冲寄存器中的数据输出之后，设备控制器就会发生一次中断，由于设备控制器中配置的数据缓冲寄存器通常较小，如1个字节或1个字，因此中断比较频繁。而在DMA方式中，在DMA控制器的控制下，一次能完成一批连续数据的传输，并在整批数据传送完成后才发生一次中断，因此可大大减少CPU处理I/O中断的时间。

(2) 数据的传送方式。在中断驱动I/O方式中，由CPU直接将输出数据写入控制器的数据缓冲寄存器中以供设备输出，或在中断发生后直接从数据缓冲寄存器中取出输入数据以供进程处理，即数据的传送必须经过CPU；而在DMA方式中，数据传送是在DMA控制器的控制下直接在内存和I/O设备间进行的，CPU只须将磁盘地址、内存地址和字节数传给DMA控制器即可。

9. 设备无关性的基本含义是什么？为什么要设置设备无关性软件？

【参考答案】为了提高OS的可适应性和可扩展性，在现代OS中都实现了设备无关性（设备独立性），其基本含义是应用程序独立于物理设备。为了实现设备无关性，引入了逻辑设备和物理设备这两个概念。在应用程序中，可通过逻辑设备名称请求使用某类设备；而系统在实际执行时，必须使用其对应的物理设备名称，应用程序应与实际使用的物理设备无关，由OS考虑因物理设备不同而需要使用不同的设备驱动程序等问题。

设置设备无关性软件的目的是：①增加设备分配的灵活性；②实现I/O重定向。当I/O设备被更换时不必改变应用程序，即I/O重定向。

10. 设备分配过程中可能会出现死锁吗？为什么？

【参考答案】在设备分配过程中，如果在进程发出I/O请求后，系统为其分配了I/O设备，则进程仍继续运行；运行中再次发出新的I/O请求，只有当某个请求不满足时，进程才会阻塞。这种情况下，一个进程可以同时使用多个设备。虽然进程推进迅速，但此时的资源分配方式是不安全的，可能会发生死锁。

11. SPOOLing (simultaneous peripheral operations on-line, 假脱机) 系统由哪几部分组成？以打印机为例，说明如何利用 SPOOLing 技术实现多个进程对打印机的共享？

【参考答案】SPOOLing系统由磁盘上的输入井和输出井、内存中的输入缓冲区和输出缓冲区、输入进程和输出进程以及井管理程序组成。

采用SPOOLing技术共享打印机时，对所有提出输出请求的用户进程，系统接受它们的请求时，并不真正分配打印机，而是由SPOOLing管理进程做两件事情：①在输出井中为它申请一空闲缓冲区，并将要打印的数据送入其中；②为用户进程申请一张空白的用户打印请求表，并将用户的打印请求填入该表中，再将该表挂到SPOOLing文件队列上。

至此,用户进程认为打印过程已经完成,而不必等待真正的慢速的打印过程完成。当打印机空闲时,SPOOLing打印进程将从SPOOLing文件队列的队首取出一张打印请求表,根据表中的要求将要打印的数据从输出井传送到内存输出缓冲区,再由打印机进行输出打印。打印完成后,再处理SPOOLing文件队列中的下一个打印请求表,直至队列为空。这样,虽然系统中只有一台打印机,但系统并未将它分配给任何进程,而只是为每个提出打印请求的进程在输出井中分配一个存储区(相当于一个逻辑设备),使每个进程都感觉自己独占一台打印机,从而实现了多个进程对打印机的共享。

12. (考研真题) 在单缓冲区情况下,为什么系统对一块数据的处理时间为 $\max(C, T) + M$?

【参考答案】以输入为例,假定从磁盘中把一块数据输入缓冲区的时间为 T ; OS将缓冲区数据传送到用户区的时间为 M ; CPU对这块数据进行计算的时间为 C 。在单缓冲区情况下,由于设备的输入操作和CPU的处理操作可以并行执行,因此系统对每一整块数据的处理时间为 $\max(C, T) + M$ 。

7.2 计算题参考答案

13. (考研真题) 设系统缓冲区和用户工作区均采用单缓冲区,从外设读入1个数据块到系统缓冲区的时间为100,从系统缓冲区读入1个数据块到用户工作区的时间为5,对用户工作区中的1个数据块进行分析的时间为90(见图1-7-2)。进程从外设读入并分析2个数据块的最短时间是多少?

【参考答案】数据块1从外设到用户工作区的总时间为105,在这段时间内,数据块2没有进行操作。在数据块1进行分析处理时,数据块2从外设到用户工作区的总时间为105,在这段时间内两个过程是并行的。加上处理数据块2的时间90,总共是 $105 + 105 + 90 = 300$ 。

14. 假定把磁盘上一个数据块中的信息输入一单缓冲区的时间 T 为 $100\mu\text{s}$,将缓冲区中的数据传送到用户区的时间 M 为 $50\mu\text{s}$,CPU对这一块数据进行计算的时间 C 为 $50\mu\text{s}$ 。请问,系统对一块数据的处理时间为多少?如果将单缓冲区改为双缓冲区,则系统对一块数据的处理时间为多少?

【参考答案】单缓冲区处理一块数据的时间为 $\max(C, T) + M = \max(50\mu\text{s}, 100\mu\text{s}) + 50\mu\text{s} = 150\mu\text{s}$; 双缓冲区处理一块数据的时间为 $\max(C, T) = \max(50\mu\text{s}, 100\mu\text{s}) = 100\mu\text{s}$ 。

15. (考研真题) 某磁盘的转速为 $10\ 000\text{r/min}$,平均寻道时间为 6ms ,磁盘传输速率为 20MB/s ,磁盘控制器时延为 0.2ms ,读取一个 4KB 的扇区所需的平均时间约为多少?

【参考答案】磁盘转速是 $10\ 000\text{r/min}$,平均转1转的时间是 6ms ,因此查询扇区的平均时间是 $(1/2) \times 6\text{ms} = 3\text{ms}$ 。因为磁盘传输速率是 20MB/s ,所以读取 4KB 扇区信息的时间为 $4\text{KB} / (20\text{MB/s}) = 0.2\text{ms}$ 。时延为 0.2ms ,平均寻道时间为 6ms ,因此总时间为 $3\text{ms} + 6\text{ms} + 0.2\text{ms} + 0.2\text{ms} = 9.4\text{ms}$ 。

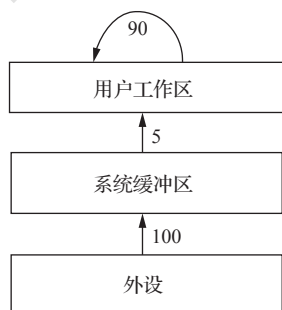


图 1-7-2 单缓冲区处理数据过程图

16. 某磁盘有 40 个柱面, 查找移过每个柱面需要 5ms, 若文件信息块凌乱存放, 则相邻逻辑块平均间隔 9 个柱面。文件信息块经优化分布后, 相邻逻辑块平均间隔 2 个柱面。假设磁盘时延为 100ms, 传输速度为 20ms/块, 请问在信息块非优化存放和优化存放两种情况下, 传输 100 块文件信息各需多长时间?

【参考答案】在两种情况下传输100块文件信息所需时间分析如下。

(1) 非优化存放。读1块数据需要时间: $9 \times 5 + 100 + 20 = 165\text{ms}$, 则传输100块文件信息需要时间16 500ms。

(2) 优化存放。读1块数据需要时间: $2 \times 5 + 100 + 20 = 130\text{ms}$, 则传输100块文件信息要时间13 000ms。

17. (考研真题) 假设有 11 个进程先后提出磁盘 I/O 请求, 当前磁头正在 110 号磁道处, 并预向磁道序号增加的方向移动。请求队列的顺序为 30、145、120、78、82、140、20、42、165、55、65, 分别用 FCFS 调度算法和 SCAN 调度算法完成上述请求, 写出磁道访问顺序和每次磁头移动的距离, 并计算平均移动磁道数。

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) FCFS调度算法: 访问顺序为30、145、120、78、82、140、20、42、165、55、65; 移动距离为80、115、25、42、4、58、120、22、123、110、10; 平均移动磁道数为 $(80+115+25+42+4+58+120+22+123+110+10)/11=64.45$ 。

(2) SCAN调度算法: 访问顺序为120、140、145、165、82、78、65、55、42、30、20; 移动距离为10、20、5、20、83、4、13、10、13、12、10; 平均移动磁道数为 $(10+20+5+20+83+4+13+10+13+10+10)/11=18.18$ 。

18. (考研真题) 磁盘请求服务队列中要访问的磁道分别为 38、6、37、100、14、124、65、67, 磁头上次访问了 20 磁道, 当前处于 30 磁道上, 试采用 FCFS、SSTF (shortest seek time first, 最短寻道时间优先) 和 SCAN 调度算法, 分别计算磁头移动的磁道数。

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) FCFS调度算法: 磁头移动顺序为30、38、6、37、100、14、124、65、67; 移动磁道数为 $8+32+31+63+86+110+59+2=391$ 。

(2) SSTF调度算法: 磁头移动顺序为30、37、38、14、6、65、67、100、124; 移动磁道数为 $7+1+24+8+59+2+33+24=158$ 。

(3) SCAN调度算法: 磁头移动顺序为30、37、38、65、67、100、124、14、6; 移动磁道数为 $7+1+27+2+33+24+110+8=212$ 。

7.3 综合应用题参考答案

19. (考研真题) 目前 PC (personal computer, 个人计算机) 上使用的外部存储设备的速度都相当快, 例如刻录一张 DVD (单面单层 DVD 的容量通常大约为 4.7GB) 需要几分钟到十几分钟时间。与 DVD 相比, 硬盘的速度更快。请问: 这样的高速设备采用的大概是什么样的 I/O 控制方式? 请说出你的推断理由。

【参考答案】程序I/O方式会使CPU陷入忙等状态, 这会极大地浪费CPU的计算资源, 因此程序I/O方式的效率比较低, 在现代的OS中已经十分少见了。中断I/O方式对于高速设备而言,

每秒产生的中断次数多达几百万甚至更多,这同样会给CPU带来极大的计算资源开销。并且PC现在通常没有通道机制。因此DMA方式是DVD这种高速设备通常采用的I/O控制方式。

20. 除了FCFS调度算法外,所有磁盘调度算法都不公平,例如会造成有些请求“饥饿”,试分析:

- (1) 为什么不公平?
- (2) 如何构建一种公平性调度算法?
- (3) 为什么公平性在分时系统中是一个很重要的指标?

【参考答案】

(1) 比如SSTF调度算法,其要求访问的磁道与当前磁头所在的磁道距离最近,以使每次的寻道时间最短,如果新进程请求要访问的磁道与磁头当前所在的磁道距离较近,则必会优先被满足,进而就会产生“饥饿”现象。在SCAN调度算法中,若磁头刚在某方向上越过某一磁道,某进程就发出此磁道的访问请求,则此时进程会等待,即等磁头继续从该方向访问剩余磁道后,反方向再扫描完所有要访问的磁道,然后处理此进程的请求,这会致使该进程的等待时间在最坏情况下为 $2T$ (T 为由里向外或由外向里单向扫描完要访问的磁道所需的时间)。CSCAN调度算法会始终保持一个方向依次访问所有磁道;但当有进程反复地请求某个磁道的I/O操作时,该进程就会垄断整个磁盘设备,进而发生磁臂粘着现象。

(2) 公平性调度算法的整体思想是避免某请求长时间等待。为此,可划定一个时间界限,把这段时间内尚未得到服务的请求强制移到队列首部,并标记任务新请求不能插到这些请求前。在SSTF调度算法中,可以重新排列这些老请求,以优先处理它们。

(3) 公平性在分时系统中可避免分时进程等待时间过长而产生超长的响应时间。

21. 假设有4个记录(A、B、C、D)被存放在磁盘的某个磁道上,该磁道被划分成4块,每块存放1个记录,其布局如表1-7-1所示。

现在要顺序处理这些记录。假定磁盘转速为20ms/r,处理程序每次从磁盘读出一个记录后要花5ms对其进行处理,若磁头现在处于首个逻辑记录的始点位置,则请问:

- (1) 处理程序处理完这4个记录所花费的时间是多少?
- (2) 按最优化分布重新安排这4个逻辑记录,写出记录的安排顺序,并计算处理所需要的时间。

【参考答案】

(1) 磁盘旋转速度为20ms/r,磁道划分为4块,每块存放一个记录,因此读出一个记录要花5ms。优化前处理记录所花费的总时间为 $(5+5) + (5 \times 4+5) + (5 \times 4+5) + (5 \times 4+5) = 85\text{ms}$ 。

(2) 优化后记录的安排顺序为A、C、B、D,如表1-7-2所示。

表1-7-1 记录存放布局情况

块号	记录号
1	A
2	B
3	C
4	D

表1-7-2 优化后记录存放布局情况

块号	记录号
1	A
2	C
3	B
4	D

优化后处理记录所花费的总时间为 $(5+5) + (5+5) + (5+5+5) + (5+5) = 45\text{ms}$ 。

22. 假定磁盘的磁臂现在处于 6 号柱面上，有表 1-7-3 所示的 6 个请求进程等待访问磁盘，试列出最省时间的响应次序。

表1-7-3 请求进程等待访问磁盘位置

请求进程序号	柱面号	磁头号	块号
1	7	6	2
2	5	5	6
3	15	20	6
4	7	4	4
5	20	9	5
6	5	15	2

【参考答案】由题意可知最省时间的调度算法为SSTF调度算法，该调度算法要求访问的磁道离所在磁道最近，以使每次的寻道时间最短，但此调度算法不能保证平均寻道时间最短。由于磁臂刚开始处于6号柱面上，由表1-7-3可知，所有请求进程中离磁柱6号柱面最近的为1、2、4、6号请求进程，均只有1个柱面的距离，由于请求进程3和请求进程5的柱面号均大于当前的柱面号，因此应选择2号或6号请求进程作为第1个请求进程来处理。由于请求进程6的块号为2，比请求进程2的块号6要小，旋转时间较短，更靠近6号柱面，因此第1个响应的是请求进程6，然后是请求进程2。此时，磁臂处于5号柱面。同理，由于请求进程4的块号比请求进程1的块号小，故先响应请求进程4，然后响应请求进程1。以此类推，再响应请求进程3、请求进程5。因此，最省时间的响应次序是：6→2→4→1→3→5。

第8章 文件管理

8.1 简答题参考答案

1. 何谓数据项、记录 and 文件？

【参考答案】①数据项是最低级的数据组织形式，可分为基本数据项和组合数据项。基本数据项是描述一个对象某种属性的字符集，是数据组织中可以命名的最小逻辑数据单位，又称为数据元素或字段。组合数据项是若干个基本数据项所构成的数据项。②记录是一组相关数据项的集合，用于描述一个对象某方面的属性。③文件是由创建者定义的、具有文件名的一组相关信息的集合。

2. 一个比较完善的文件系统应具备哪些功能？

【参考答案】一个比较完善的文件系统应具备5个功能。①文件存储空间管理。通过文件存

存储空间管理,能使文件“各得其所”,并且能尽量提高文件存储空间的利用率。②目录管理。通过目录管理,能实现文件“按名存取”,提高文件的检索速度,解决文件的命名冲突问题(允许文件重名),并能实现文件共享。③文件读/写管理。通过文件读/写管理,可以实现文件数据的快速读/写。④文件安全性管理。通过采取多级文件保护等措施,可以实现对系统中文件的保护,防止文件被偷窃、修改和破坏。⑤用户接口管理。文件系统向用户提供一个统一的、方便使用的接口,用户通过该接口可以方便地获得如文件存取、创建、删除、修改等文件管理服务。

3. 为什么在大多数 OS 中都引入了“打开”这一文件系统调用?打开的含意是什么?

【参考答案】①当用户要求对一个文件实施多次读/写或者其他操作时,每次都都要从检索目录开始。为了避免多次重复检索目录,在大多数OS中都引入了“打开”这一文件系统调用,当用户第一次请求对某文件进行操作时,须先利用open系统调用将该文件打开。②所谓“打开”,是指系统将指定文件的属性(包括该文件在外存上的物理位置)从外存复制到内存中已打开文件表的一个表目中,并将该表目的编号(或称索引号)返回给用户。“打开”就是在用户和指定文件之间建立起一个连接。此后,用户通过该连接可直接得到文件信息,避免了再次通过目录检索文件,即当用户再次向系统发出文件操作请求时,系统可根据用户提供的索引号直接在已打开文件表中查找到文件信息。这样不仅节省了检索开销,而且提高了文件操作速度。如果用户不再对该文件实施操作,则可以利用“关闭”系统调用来关闭此文件,即断开此连接,此时,OS将会把该文件从已打开文件表的表目中删除。

4. 什么是文件的逻辑结构?逻辑文件有哪几种组织形式?

【参考答案】①文件的逻辑结构是指从用户的角度出发所观察到的文件组织形式,也就是用户可以直接处理的数据及其结构。②逻辑文件根据其结构可分为两种:一种是无结构的流式文件,是指文件信息由一串字符流构成;另一种是有结构的记录式文件,是指将文件信息按照在逻辑上独立的含义划分为信息单位,每个信息单位称为一个逻辑记录(简称记录)。

5. 如何提高变长记录顺序文件的检索速度?

【参考答案】为了提高变长记录顺序文件的检索速度,可建立一张索引表,以主文件中每条记录的长度及指向对应记录的指针(即该记录在逻辑地址空间的起始地址)为表项的内容。由于索引表是一个定长记录的顺序文件,其可实现方便快速的直接存取。但是,如果文件较大,则可建立多级索引以提高检索效率。

6. 什么是“按名存取”?文件系统如何实现文件的按名存取?

【参考答案】①“按名存取”指用户只要给出文件名就能存取外存空间中的文件信息,而不必给出文件的具体物理地址。②文件系统实现文件按名存取的步骤为:首先利用用户提供的文件名,检索文件目录中该文件的FCB(file control block,文件控制块)或索引节点;然后根据FCB中的文件物理地址,将文件读入内存。

7. UNIX 系统把文件描述信息从文件目录项中分离出来的原因是什么?

【参考答案】将文件描述信息从文件目录项中分离出来后,目录项中只包含文件名和索引节点编号,文件的其他描述信息放在索引节点中。这样的分离主要有两个优点。

(1)提高查找速度。查找文件时,用欲查找的文件名与文件目录中的文件名进行依次比较。由于文件目录存在于外存,比较时须将其读入内存。FCB包括全部文件描述信息时,一个外存盘块仅能保存较少的FCB,查找速度较慢;将FCB描述信息分离后,文件目录中仅保存FCB

文件名和索引节点编号信息，此时一个盘块中可容纳较多的FCB，进而即可减少磁盘块的读取次数，提高文件检索速度。

(2) 实现文件链接。链接就是将路径名作为文件名，使不同的用户均可使用。描述信息分离后，目录项只包括文件名和索引节点编号，索引节点中包含文件描述信息和标志该索引节点与对应索引号相连接的计数。

8. 目前广泛采用的目录结构是哪种？它有什么优点？

【参考答案】目前广泛采用的目录结构是多级树形目录，它具有以下优点。

(1) 能有效提高对目录的检索速度。假定文件系统中有 N 个文件，在单级目录中，最多要检索 N 个目录项；但对于 i 级树形目录，在目录中每检索一个指定的文件，最多可能要检索 $i \times \sqrt[i]{N}$ 项。

(2) 允许文件重名。在树形结构的文件系统中，不仅允许每个用户在自己的分目录中使用与其他用户的文件相同的名字，而且允许同一个用户的不同分目录中的文件重名。

(3) 便于实现文件共享。在树形目录中，用户可通过路径名共享他人的文件；也可将共享文件链接到自己的目录下实现共享，实现方式是系统在用户目录中增设一个目录项，并在其中填上用户赋予共享文件的新文件名，以及该共享文件的唯一标识符（或索引节点编号）。

(4) 能更有效地进行文件的管理和保护。在多级目录中，用户可按文件性质的不同，将它们存放到不同的子目录中，并且可以赋予各目录不同的存取权限，因此，能更有效地管理和保护文件。

9. 试说明在树形目录中线性检索法的检索过程，并画出相应的流程图。

【参考答案】在树形目录中，用户提供的是从根目录（或当前目录）开始的、由多个文件分量名所组成的文件路径名。系统在检索一个文件时：①系统读入给定文件路径名中的第一个文件分量名，用它与根目录（或当前目录）文件中各目录项的文件名进行顺序比较，若能找到匹配的目录项，则在它的FCB或索引节点编号中找到对应的文件；②系统读入第二个文件分量名，用它与刚检索到的目录文件中的各目录项文件名进行顺序比较，若能找到匹配者，则重复上述过程；③如此逐级检索指定文件的分量名，最后将会得到指定文件的FCB或索引节点编号。检索过程的流程（以UNIX系统为例）如图1-8-1所示。

10. 在树形目录中，利用链接方式共享文件有何好处？

【参考答案】利用链接方式共享文件主要有以下几方面的好处。

(1) 方便用户。此共享方式允许用户将共享文件链接到自己的子目录下，并赋予它新的文件名，方便用户管理和使用共享文件。

(2) 可防止共享文件被任意删除。每次链接时，系统对索引节点中的链接计数字段 i_nlink 执行加1操作；删除时，先对该字段执行减1操作，只有当 i_nlink 值为0时，共享文件才会被真正删除，因此可防止共享文件被任意删除。

(3) 可加快检索速度。为了加快检索文件的速度，一般系统都引入了当前目录。若共享文件已被链接到当前目录下，则系统无须再逐级检索目录，进而提高了检索速度。

11. 什么是保护域？进程与保护域之间存在着怎样的动态联系？

【参考答案】保护域是进程对一组对象的访问权的集合。保护域规定了进程所能访问的一组对象（硬件或软件）以及所能执行的操作（即访问权）。

进程与保护域之间的动态联系是指进程的可用资源集在其整个生命周期中是变化的，进程运行在不同的阶段时可以根据需要从一个保护域切换到另一个保护域。

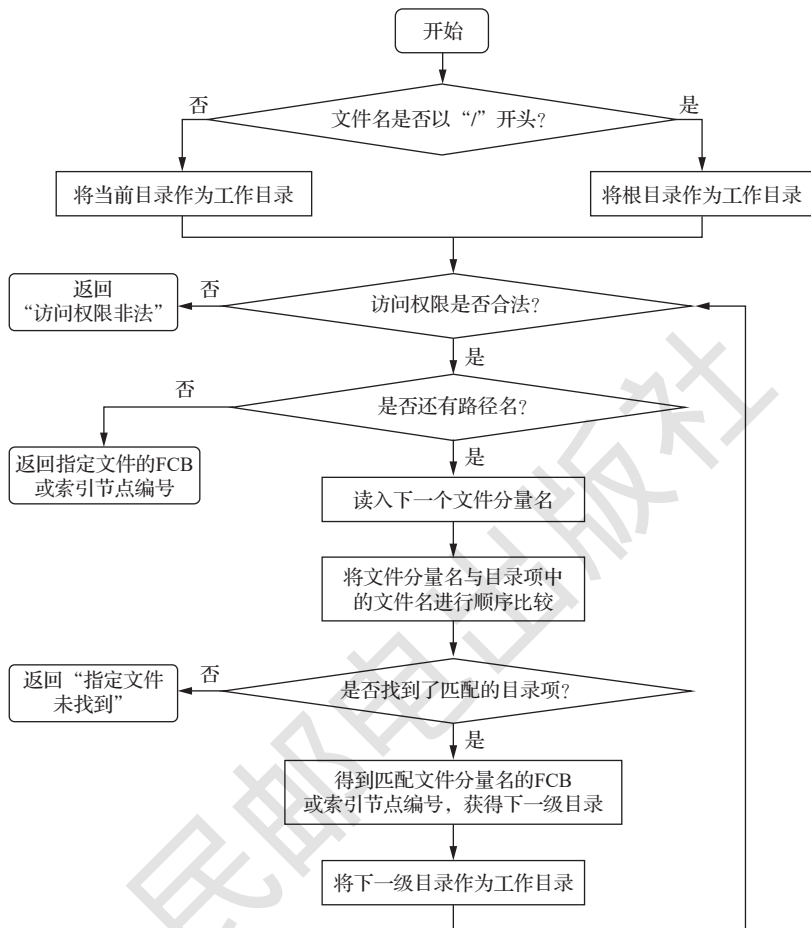


图 1-8-1 线性检索法流程图

12. 什么是访问控制表和访问权限表？系统如何利用它们来实现对文件的保护？

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) 访问控制表是对访问矩阵按列（对象）进行划分，由有序对集{〈域，权集〉}组成，可用于描述不同用户（进程）对于同一对象的不同访问权限集。访问控制表也可用于定义各域对于某对象默认访问权集，其可作为资源能否使用的首要依据。

(2) 访问权限表是对访问矩阵按行（域）进行划分，由有序对集{〈对象，权集〉}组成，表示一个域对每个对象可以执行的一组操作。当域为用户（进程）、对象为文件时，访问权限表可用于描述一个用户（进程）对每个文件所能执行的一组操作。

(3) 系统为每个对象配置一张访问控制表。当一个进程第一次试图访问一个对象时，必须先检查访问控制表，确定进程是否具有对该对象的访问权。如果其无权访问该对象，则系统会拒绝本次访问，并构成一个例外（异常）事件；否则（有权访问），允许本次访问，为该进程建立一个访问权限，并将该权限连接到该进程。以后，进程便可直接利用这一返回的权限去访问该对象，亦可快速验证访问的合法性。当进程不再需要对该对象进行访问时，可撤销该访问权。

8.2 计算题参考答案

13. 一个文件系统中, FCB 占 64B, 一个盘块大小为 1KB, 采用单级文件目录, 假如文件目录中有 3 200 个目录项, 则检索一个文件平均需要访问磁盘大约多少次?

【参考答案】文件目录中共有 3 200 个目录项, 每个目录项占 64B, 因此, 该目录文件共占用 $3\ 200 \times 64\text{B} = 200\text{KB}$, 相当于 200 个盘块。查找一个目录项, 平均需要调入盘块 $(N+1)/2 = (200+1)/2 \approx 100$ 次。

14. 在某个文件系统中, 每个盘块为 512B, FCB 占 64B, 其中文件名占 8B。如果索引节点编号占 2B, 则针对一个存放在磁盘上的、具有 256 个目录项的目录, 请分别计算引入索引节点前后, 为找到某个文件的 FCB 而平均启动磁盘的次数。

【参考答案】①在引入索引节点前, 每个目录项中均会存放对应文件的 FCB, 故 256 个目录项的目录须占用 $256 \times 64/512 = 32$ 个盘块。因此, 该目录中检索到一个文件平均启动磁盘的次数为 $(32+1)/2 = 16.5 \approx 17$ 次。②在引入索引节点后, 每个目录项中须存放文件名和索引节点编号, 因此 256 个目录项的目录总共需要占用 $256 \times (8+2)/512 = 5$ 个盘块。因此, 找到匹配的目录项平均需要启动 $(5+1)/2 = 3$ 次磁盘; 得到索引节点编号后, 还须启动磁盘以将对应文件的索引节点读入内存, 故平均需要启动磁盘 4 次。因此, 引入索引节点后可减少启动磁盘的次数, 提高了检索文件的速度。

15. (考研真题) 设文件 F_1 的当前引用计数值为 1, 先建立 F_1 的符号链接 (软链接) 文件 F_2 , 再建立 F_1 的硬链接文件 F_3 , 然后删除 F_1 。此时, F_2 和 F_3 的引用计数值分别是多少?

【参考答案】①建立符号链接 (软链接) 时, 引用计数值直接被复制, 因此 F_2 的引用计数值为 1。②建立硬链接时, 引用计数值加 1, F_3 的引用计数值为 2; 但在删除文件时, 对于硬链接, 引用计数值减 1, 因此删除 F_1 后 F_3 的引用值变为 1。

16. (考研真题) 索引顺序文件可能是最常见的一种逻辑文件组织形式, 其不仅有效克服了变长记录文件不便于直接存取的缺点, 且付出的额外存储开销也不算大, 对于包含 40 000 条记录的主数据文件, 为了能检索到指定关键字的记录, 采用索引顺序文件组织方式, 平均检索效率可提高到顺序文件组织方式的多少倍 (假定主数据文件和索引表均采用顺序查找法)?

【参考答案】若顺序文件中所含有的记录数为 N , 则检索到指定关键字的记录平均须查找 $N/2$ 个记录。但对于索引顺序文件, 检索到指定关键字的记录平均须查找 \sqrt{N} 个记录, 因而其检索效率比顺序文件提高了约 $\sqrt{N}/2$ 倍。因此, 包含 40 000 条记录的文件, 采用索引顺序文件组织方式的平均检索效率比顺序文件提高了 $\sqrt{40\ 000}/2 = 100$ 倍。

17. (考研真题) 某文件系统的目录由文件名和索引节点编号构成。若每个目录项的长度均为 64B, 其中 4B 存放索引节点编号, 60B 存放文件名。文件名由小写英文字母构成, 则该文件系统能创建的文件数量上限为多少?

【参考答案】创建的文件数量上限等于索引节点数量上限, 索引节点为 4B, 即为 32 位, 故最多有 2^{32} 个索引节点, 即最多能创建 2^{32} 个文件。

8.3 综合应用题参考答案

18. 针对图 1-8-2 所示的文件系统目录结构,若 C 和 D 分别是两个用户的目录,则请问:

- (1) C 用户在当前目录 “/C” 下欲共享文件 f2, 应具备什么条件?
- (2) 若 C 用户需要经常访问文件, 则其应如何操作才会更简单、更快捷?
- (3) 若 D 用户不愿意别人访问其文件 f3, 则其应如何操作?

【参考答案】

(1) 只有当 C 用户拥有对文件的访问权限时, 才能共享文件 f2, 此时, 通过绝对路径名 “/D/H/f2” 或相对路径名 “.../D/H/f2” 即可访问文件 f2。

(2) 如果 C 用户需要经常访问文件 f4, 则其可以在自己的工作目录下建立一个文件 f4 的链接文件 Df4, 以后他在工作目录 “/C” 下便可直接使用路径 “Df4” 来访问文件 f4, 操作更方便, 速度更快。

(3) D 用户可以将文件 f3 的访问权限设置成只允许文件主访问, 而不允许其他用户访问。

19. 有一共享文件, 它具有下列文件名: /usr/Wang/test/report、/usr/Zhang/report、/usr/Lee/report, 试填写图 1-8-3 中的 A、B、C、D、E。

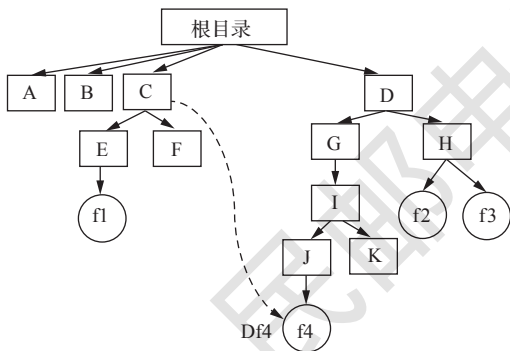


图 1-8-2 文件系统目录结构

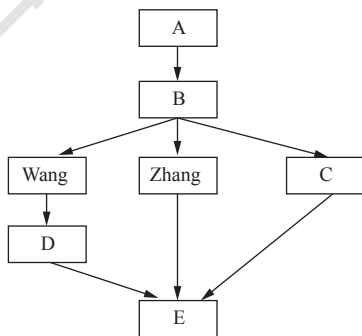


图 1-8-3 文件共享示意

【参考答案】 根据题意可知 A 为根目录 root; 由图 1-8-3 可知, B 为 Zhang、Wang 的上一级目录, 根据目录路径可知访问 Zhang 和 Wang 都要经过 usr 目录, 因此 B 为 usr 目录; 根据路径 /usr/Lee/report 可知, C 为 Lee; D 为 Wang 的子目录, 由路径 /usr/Wang/test/report 可知, D 为 test; E 为该树形目录的最后一级目录, 根据题意可知 E 为 report。

20. (考研真题) 假设某系统的目录管理采用了索引节点方式。如果用户需要打开文件 /usr/student/myproc.c, 则请简要阐述目录检索的大致过程 (假设根目录内容已经读入内存且该文件存在)。

【参考答案】 目录检索的大致过程为: ①在根目录中查找 usr 目录项; ②找到 usr 目录项后, 根据其索引节点编号, 获得索引节点位置并将其内容读入内存 (若不在内存), 然后根据索引节点中的文件外存地址读入 usr 的内容; ③在 usr 中查找 student 目录项, 获取索引节点并读入 student 的内容 (过程类似于第 ② 步, 若还有更深层次的目录, 则中间目录也采用类似的方法); ④在 student 中查找 myproc.c 目录项, 获取其索引节点 (过程类似于第 ② 步)。

第9章 磁盘存储器管理

9.1 简答题参考答案

1. (考研真题) 文件物理结构是指一个文件在外存上的存储组织形式,主要有连续结构、链接结构和索引结构这 3 种,请分别简述它们的优缺点。

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) 连续结构。优点: ①存储管理简单, 容易实现; ②支持顺序存取和随机存取; ③顺序访问速度快。缺点: ①要求为每个文件分配连续的存储空间; ②必须事先知道文件的长度, 要求能灵活地插入和删除记录; ③不利于文件的动态增长。

(2) 链接结构。优点: ①消除了磁盘的外部碎片, 提高了磁盘空间的利用率; ②能适应文件的动态增长; ③方便插入、修改和删除记录。缺点: ①存取速度较慢, 不适合随机存取; ②物理块间的链接指针错误会造成数据丢失, 可靠性差; ③需要较多的寻道次数和较长的寻道时间; ④链接指针会占用空间, 降低了空间利用率。

(3) 索引结构。优点: ①既能顺序存取, 又能随机存取; ②能适应文件的动态增长; ③方便插入、修改和删除记录。缺点: ①需要较多的寻道次数和较长的寻道时间; ②索引表增加了系统开销, 包括内存空间和存取时间。

2. 在 FAT 中为什么要引入“簇”的概念? 以“簇”为基本分配单位有什么好处?

【参考答案】①引入“簇”的原因是为了适应磁盘容量不断增大的需要, 在进行盘块分配时, 不再以盘块而是以簇为基本单位。一个簇所应包含的扇区的数量与磁盘容量直接相关。

②以簇为基本分配单位能适应磁盘容量不断增大的情况, 还可以减少 FAT (file allocation table, 文件配置表) 中的项数 (在相同的磁盘容量下, FAT 中的项数与簇的大小成反比), 使 FAT 占用更少的存储空间, 进而减少访问 FAT 的存取开销。

3. 在 MS-DOS 系统中有两个文件 A 和 B, A 占用 11、12、16、14 这 4 个盘块; B 占用 13、18、20 这 3 个盘块。试画出文件 A 和 B 中各盘块间的链接情况及 FAT 的情况。

【参考答案】文件 A、B 中各盘块间的链接情况及 FAT 的情况如图 1-9-1 所示。

4. 假定一个文件系统的外存组织方式为显示链接组织方式, 在 FAT 中可有 64K 个指针, 磁盘盘块大小为 512B。试问该文件系统能否表示一个 512MB 的磁盘?

【参考答案】 $512\text{MB}/512\text{B}=1\text{M}$ 个盘块, 每个盘块应设置一个指针来指示下一个盘块位置, 故应有 1M 个指针指示 1M 个盘块。

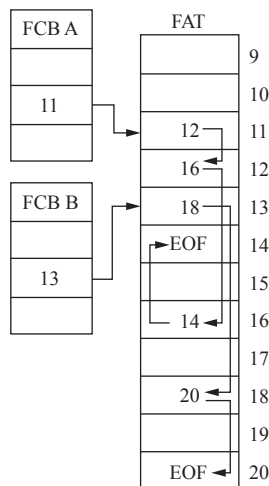


图 1-9-1 盘块间的链接情况及 FAT 的情况

因此, 64K个指针的文件系统不能指引512MB的磁盘。

5. (考研真题) 某文件系统为单级目录结构, 文件的数据一次性写入磁盘, 已写入的文件不可修改, 但可多次创建新文件。请回答如下问题。

(1) 在连续、链式、索引这 3 种文件数据块组织方式中, 哪种更合适? 说明理由。为定位文件数据块, 需要在 FCB 中设计哪些相关描述字段?

(2) 为快速找到文件, 对于 FCB, 是集中存储好, 还是与对应的文件数据块连续存储好? 说明理由。

【参考答案】

(1) 采用连续结构组织方式更合适。该方式组织文件所占磁盘块连续, 因此寻道时间更短, 文件随机访问效率更高。需要在FCB中加入〈起始块号, 块数〉或〈起始块号, 结束块号〉字段。

(2) 将所有的FCB集中存放更好。这样在随机查找文件名时, 只需要访问FCB对应的块, 因此可以减少磁头移动次数和磁盘I/O访问次数。

6. 有一计算机系统利用图 1-9-2 所示的位示图 (行号、列号都从 0 开始编号) 来管理空闲盘块。如果盘块从 1 开始编号, 每个盘块的大小为 1KB, 则请回答下列问题 :

<i>i/j</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...																

图 1-9-2 位示图

(1) 现要为文件分配两个盘块, 试具体说明分配过程 ;

(2) 若要释放磁盘的第 300 块, 则应如何处理 ?

【参考答案】

(1) 为某文件分配两个盘块的过程如下:

① 顺序检索位示图, 从中找到第一个值为0的二进制位, 得到其行号*i*=2, 列号*j*=3;

② 计算出该位所对应的盘块号

$$b=i \times 16+j+1=2 \times 16+3+1=36;$$

③ 修改位示图, 令map[2,3]=1, 并将对应的盘块36分配给文件。按照同样的方式, 可找到第3行、第6列的值为0的位, 将其转换为盘块号55; 将位的值修改为1, 并将55号盘块分配给文件。

(2) 释放磁盘的第300块时, 应进行如下处理:

① 计算出磁盘第300块所对应的二进制位的行号*i*和列号*j*, 即

$$i=(300-1) \text{ DIV } 16=18, j=(300-1) \text{ MOD } 16=11;$$

② 修改位示图, 令map[18,11]=0, 表示对应的盘块为空闲块。

7. (考研真题) 某系统采用成组链接法管理磁盘的空闲空间, 目前盘块的链接情况处于图 1-9-3 所示的状态, 先由进程 A 释放物理块 181、135、192, 再由进程 B 申请 4 个物理块。试分别画图说明进程 A 释放物理块后和进程 B 申请物理块后的盘块链接情况。

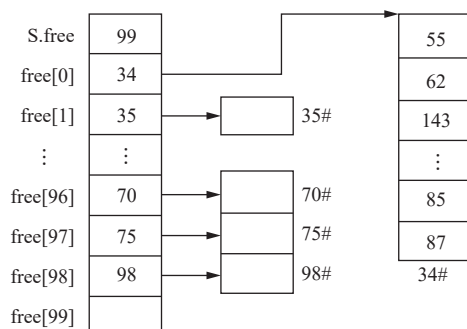


图 1-9-3 盘块链接情况

【参考答案】本题分步解答如下。

(1) 进程A释放物理块181、135、192的过程为：①目前栈中有99个物理块，当进程A释放181#物理块时，栈中的块数为100；②进程A继续释放135#物理块，并将栈中的100个盘块号记录在135#物理块中，然后将135#记录在栈中；③继续释放192#物理块并将其放入栈中，此时S.free的值为2，即栈中的空闲块数为2。进程A释放3个物理块后盘块的链接情况如图1-9-4所示。

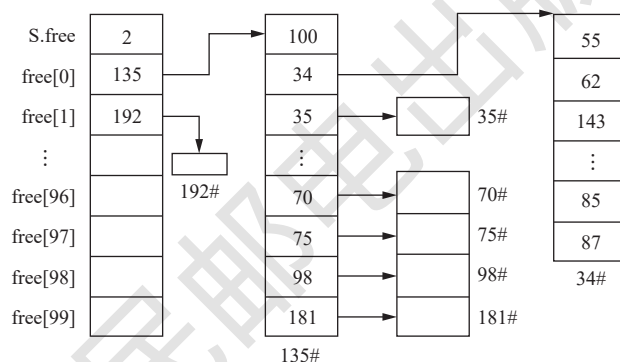


图 1-9-4 进程A释放3个物理块后盘块的链接情况

(2) 进程B申请4个物理块的过程为：①首先申请栈中的192#物理块；②然后将135#物理块中的内容（100个盘块号）复制到栈中，再将135#物理块分配出去，此时S.free的值为100；③依次分配栈中的181#物理块和98#物理块，此时S.free的值为98。进程B申请4个物理块后盘块的链接情况如图1-9-5所示。

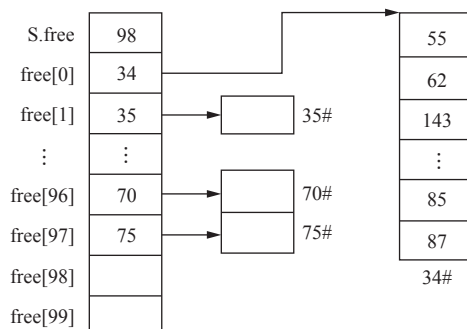


图 1-9-5 进程B申请4个物理块后盘块的链接情况

8. (考研真题) 磁盘长期使用后, 读 / 写磁盘中数据的速度就会变慢 ; 而执行磁盘碎片整理程序后, 读 / 写速度就提高了, 为什么 ?

【参考答案】①文件磁盘存储不连续。计算机系统经过一段时间的使用后, 由于文件修改、删除、新建等操作混合在一起产生的积累效应, 许多文件在磁盘上的存储位置变得不连续, 进而导致读 / 写数据速度变慢。②磁盘是一个靠盘片的高速旋转进行读/写的设备, 当系统需要读/写的数据连续存储在同一磁道时, 存储效率较高。当数据的存储不连续时, 由于寻道需要开销, 效率会有较大程度的下降。用户在读 / 写文件时, 文件的连续存储也有利于提高磁盘工作效率, 提高数据读/写速度。③通过磁盘碎片整理程序整理碎片, 可以将存放文件的数据集中排列, 有效提高了文件系统的性能。

9. (考研真题) 何谓磁盘高速缓存? 在设计磁盘高速缓存时需要考虑哪些问题?

【参考答案】磁盘高速缓存是指在内存中为磁盘盘块设置的一个缓冲区, 在该缓冲区中保存了某些盘块的副本。系统在访问磁盘时, 首先会查看磁盘高速缓存中是否存在要访问的盘块内容, 如果存在, 则可从磁盘高速缓存中去获取, 而无须启动磁盘, 进而提高了访问速度; 如果不存在, 则启动磁盘以将所需盘块内容读入, 并把该内容传送给磁盘高速缓存, 以方便再次访问时获取。

在设计磁盘高速缓存时需要考虑的问题有: ①如何将磁盘高速缓存中的数据传送给请求进程; ②应采用什么样的置换策略; ③已修改的盘块数据应在何时写回磁盘。

10. 什么是磁盘容错技术? 请简述基于集群技术实现容错的几种主要的工作模式。

【参考答案】磁盘容错技术是通过增加冗余的磁盘驱动器、磁盘控制器等方法来提高磁盘系统可靠性的一种技术。磁盘容错技术也叫作系统容错技术 (system fault tolerant, SFT)。

基于集群技术实现容错主要有3种工作模式。①双机热备份模式。在这种模式的系统中, 通常备有两台处理能力完全相同的服务器, 一台为主服务器, 另一台为备份服务器。该模式提高了系统的可用性, 易于实现。主、备份服务器完全独立, 可支持远程热备份, 可以消除由于火灾、爆炸等非计算机因素所造成的隐患。但是该模式中备份服务器处于被动等待状态, 使用效率只有50%。②双机互为备份模式。两台服务器平时均为在线服务器, 各自完成自己的任务。每台服务器内都配置了两个硬盘, 用其中的一个硬盘作为另一台服务器的镜像盘, 实现互相备份。这种模式中两台服务器都可处理任务, 因而系统效率较高。当其中一台服务器发生故障时, 系统可指定另一台服务器来接替它的工作。③公用磁盘模式。将多台服务器连接到一个公共的磁盘系统中, 以消除信息的复制时间, 减少了网络和服务器的开销。

11. 引入检查点的目的是什么? 引入检查点后应如何进行恢复处理?

【参考答案】①引入检查点的目的是使对事务记录表中事务记录的清理工作经常化。②引入检查点后的恢复处理工作由恢复例程来实现: 首先, 查找事务记录表, 确定在最近检查点以前开始执行的最后的事务 T_i ; 找到 T_i 后, 返回搜索事务记录表, 找到第一个检查点记录后, 从该检查点开始, 返回搜索相应的事务记录, 并利用redo和undo过程对它们进行相应的处理。

9.2 计算题参考答案

12. 请分别解释在连续分配方式、隐式链接分配方式、显式链接分配方式和索引分配方式中, 如何将文件的字节偏移量 3 500 转换为物理盘块号和块内位移量 (设物理盘块的大小为 1KB, 盘块号占 4B) ?

【参考答案】 $[3\ 500/1\ 024] = 3$, $3\ 500 \% 1\ 024 = 428$, 即逻辑盘块号为3, 块内位移量为428。

①在连续分配方式中,从文件的FCB中得到分配给该文件的起始物理盘块号,假设为 a_0 ,则字节偏移量3 500对应的物理盘块号为 a_0+3 ,块内位移量为428。②在隐式链接分配方式中,由于在每个盘块中都要留出4B(如最后的4B)来存放文件的下一个盘块号,因此字节偏移量3 500的逻辑盘块号为 $\lceil 3\ 500/1\ 020 \rceil = 3$,而块内位移量为 $3\ 500 \% 1\ 020 = 440$ 。从文件的FCB中获得该文件的首个盘块的盘块号,如 b_0 ,通过读第 b_0 块来获得分配给文件的第1个盘块的盘块号,如 b_1 ;再从 b_1 盘块中得到第2块的盘块号,如 b_2 ;从 b_2 盘块中得到第3块的盘块号,如 b_3 。如此,便可得到字节偏移量3 500对应的物理盘块号为 b_3 ,而块内位移量则为440。③在显式链接分配方式中,从文件的FCB中得到分配给文件的首个盘块的盘块号,如 c_0 ,然后在FAT的第 c_0 项中得到分配给文件的第1个盘块的盘块号,如 c_1 ;再在FAT的第 c_1 项中得到文件的第2个盘块的盘块号,如 c_2 ;在FAT的第 c_2 项中得到文件的第3个盘块的盘块号,如 c_3 。如此,便可获得字节偏移量3 500对应的物理盘块号为 c_3 ,而块内位移量则为428。④在索引分配方式中,从文件的FCB中得到索引表的地址。从索引表的第3项(距离索引表首字节12B的位置)可获得字节偏移量3 500对应的物理盘块号,而块内位移量为428。

13. (考研真题) 对于容量为 200GB 的硬盘,若采用 FAT 文件系统且盘块大小设定为 4KB,则请问其 FAT 表项长度应当选用 16 位还是 32 位(采用二进制表示)?其 FAT 共须占用多少字节的空间?

【参考答案】①该硬盘共有盘块号 $N=200\text{GB}/4\text{KB}=50\text{M}$ 个,因此FAT中至少要有50M个表项来记录各盘块的使用情况,由于 $32\text{M} < 50\text{M} < 64\text{M}$,表项长度至少用26位二进制表示。为了便于存取,FAT选用32位表示。②因为FAT有50M个表项,FAT表项长度为32位,即 $32/8=4\text{B}$,因此,FAT共占用 $50\text{M} \times 4\text{B}=200\text{MB}$ 的空间。

14. 某个容量为 1.44MB 的软盘,共有 80 个柱面,每个柱面上有 18 个盘块,盘块大小为 1KB,盘块和柱面均从 0 开始编号。文件 A 依次占据了 20、500、750、900 这 4 个盘块,其 FCB 位于 51 号盘块上,磁盘最后一次访问的是 50 号盘块。若采用隐式链接分配方式,则请计算顺序存取该文件的全部内容需要的磁盘寻道距离。

【参考答案】要想顺序存取该文件,须先访问其FCB,得到首个物理盘块号,然后依次访问文件的所有盘块。由此可知,该文件访问顺序为51、20、500、750、900号盘块,对应的磁道号依次为2、1、27、41、50,磁头当前位于50号盘块(即2号磁道)上,因此,磁盘寻道距离为 $(2-2) + (2-1) + (27-1) + (41-27) + (50-41) = 50$ 。

15. (考研真题) 某文件系统采用索引物理结构存储文件,磁盘空间为 1 000GB。一个目录项可以存储 10 个盘块的地址,前 9 个为直接地址,最后一个为一级间址。若盘块的大小为 512B,则该系统最大能支持的文件大小是多少?

【参考答案】9个直接地址支持的文件长度是 $9 \times 512\text{B} = 4.5\text{KB}$ 。由于一个目录项可以存放10个盘块的地址,因此一级间址可以存放10个目录项的地址,1个一级间址可以存放的文件大小为 $10 \times 512\text{B} = 5\text{KB}$ 。该系统能支持的最大文件长度为 $9 \times 512\text{B} + 10 \times 512\text{B} = 9.5\text{KB}$ 。

16. (考研真题) 某文件系统采用混合索引分配方式,如图 1-9-6 所示,有 10 个直接块(每个直接块指向 1 个数据块)、1 个一级间接块、1 个二级间接块和 1 个三级间接块,间接块指向的是 1 个索引块,每个索引块和数据块的大小均为 512B,索引块编号的大小为 4B。

(1) 若只使用直接块,则文件最大为多少字节?

(2) 在该系统中能存储的文件最大是多少?

(3) 若读取某文件第 10MB 的内容,则需要访问磁盘几次?

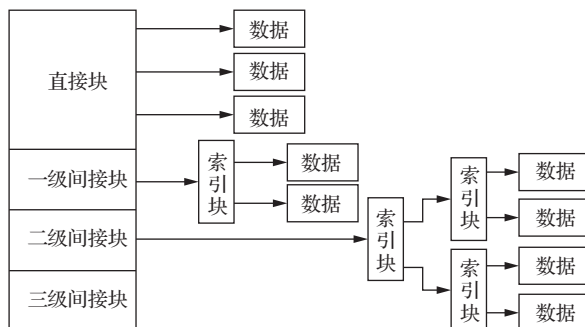


图 1-9-6 文件系统混合索引分配方式

【参考答案】

(1) 直接块指向数据块的块数为10，因此若只使用直接块，则文件最大为 $10 \times 512\text{B} = 5120\text{B}$ 。

(2) 一级间接块指向的索引块指针数为 $512\text{B}/4\text{B} = 128$ 个，因此一级间接块指向数据块的块数是128块。二级间接块指向的索引块指针数也是128个，每个索引块里还有128个指针数据块，因此二级间接块指向的最大数据块数为 128×128 个。同理，三级间接块指向数据块的块数是 $128 \times 128 \times 128$ 块。因此该系统能存储的最大文件为 $(10 + 128 + 128^2 + 128^3) \times 512\text{B} = 1\,082\,201\,088\text{B} = 1\,056\,837\text{KB}$ 。

(3) 10MB的文件需要的数据块个数为 $10\text{MB}/512\text{B} = 2\,048$ 块。直接块和一级间接块指向的数据块个数为 $10 + 128 = 138$ 块 $< 2\,048$ 块。直接块、一级间接块和二级间接块指向的数据块个数为 $10 + 128 + 128^2 = 16\,552$ 块 $> 2\,048$ 块，因此第10MB的数据应该存放在二级间接块下的某个数据块中，共需要访问磁盘3次。

17. 在 UNIX 系统中，如果一个盘块的大小为 1KB，每个盘块号占 4B，即每块可放 256 个地址，一个文件索引节点中磁盘的物理盘块号结构如图 1-9-7 所示。请转换下列文件的字偏移量为物理地址：(1) 9 999；(2) 18 000；(3) 420 000。

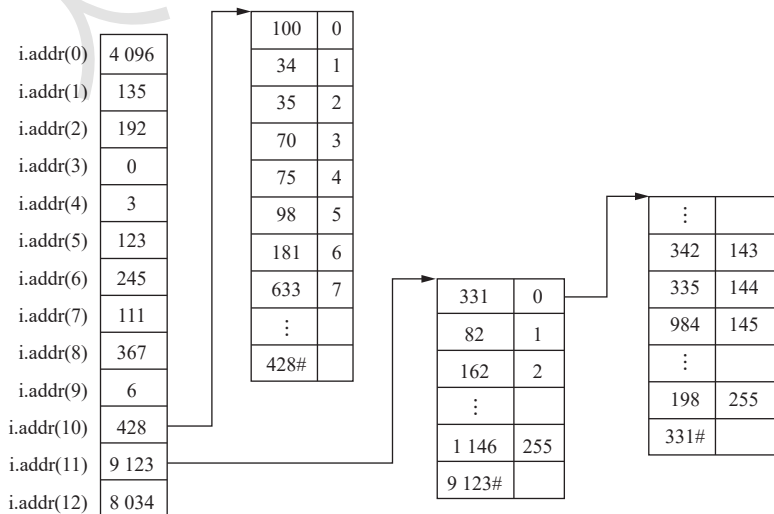


图 1-9-7 文件索引节点中磁盘的物理盘块号结构

【参考答案】在UNIX系统中，文件存储采用混合索引分配方式；即在FCB中，第0~9个地址为直接地址，第10个地址为一级间址，第11个地址为二级间址，第12个地址为三级间址。使用多重索引结构，在索引节点中根据逻辑盘块号通过直接索引或间接索引找到对应的物理块号。

(1) $[9\ 999/1\ 024] = 9$, $9\ 999 \% 1\ 024 = 783$ ，因此逻辑盘块号为9；直接索引第9个地址，得到物理盘块号为6，块内偏移地址为783。

(2) $[18\ 000/1\ 024] = 17$, $18\ 000 \% 1\ 024 = 592$ ，因此逻辑盘块号为17； $10 < 17 < (10+256)$ ，故通过一次间接索引可在第10个地址处得到物理盘块号。 $i.addr(10)$ 中查到428号盘块为一级间址索引块，块内偏移量为 $17-10=7$ ，对应的盘块号为633，该盘块中的592字节即为文件的18 000字节的物理地址，因此块内偏移地址为592。

(3) $[420\ 000/1\ 024] = 410$, $420\ 000 \% 1\ 024 = 160$ 。逻辑盘块号为 $(10+256) < 410$ ，通过二次间接索引 $i.addr(11)$ 查得9 123号盘块为二级索引块，因为 $(410-266)/256$ 商为0，余数为144；从9 123号盘块中查0号盘块，得到一级索引块为331；从331中查144号偏移量，得到数据盘块号335，该块中的块内偏移地址160即为420 000字节的物理地址。

18. 假设某系统磁盘共含 500 个盘块，盘块号为 0—499。若用位示图法管理这 500 个盘块的空间，则当字长为 32 位时，请问：①位示图需要多少个字？②第 i 字第 j 位对应的盘块号是多少？

【参考答案】①位示图需要 $500 \text{ DIV } 32 = 16$ 个字。②第 i 字第 j 位对应的盘块号是 $32 \times i + j$ 。

9.3 综合应用题参考答案

19. 如果一个文件存放在 100 个数据块中，FCB、FAT、索引块或索引信息等都驻留在内存中。在下面几种情况下，分别需要做几次磁盘 I/O 操作？

- (1) 采用连续分配方式，将最后一个数据块搬到文件头部；
- (2) 采用单级索引分配方式，将最后一个数据块搬到文件头部；
- (3) 采用显式链接分配方式，将最后一个数据块搬到文件头部；
- (4) 采用隐式链接分配方式，将首个数据块搬到文件尾部。

【参考答案】

(1) 采用连续分配方式时，若文件分配到的首个盘块的前面一块不是空闲的，那么将最后一个数据块搬到文件头部就意味着整个文件必须“搬家”，因此要读每个块，然后重写每个块，总共要做200次磁盘I/O操作。

(2) 采用单级索引分配方式时，仅须修改索引表的内容，而无须对文件数据块进行读/写，因此总共要做0次磁盘I/O操作。

(3) 采用显式链接分配方式时，仅须修改FAT中的指针，因此总共要做0次磁盘I/O操作。

(4) 采用隐式链接分配方式时，首先要读第0块以得到原来第1块的块号，将原来第1块的块号记录到FCB中的首块号字段中；然后依次读入第1块到第98块的内容以得到原来最后1块（即第99个数据块）的块号，然后再读入第99块的内容，修改其中的链接指针以使其指向原来的首个块，并重新将该块写入磁盘；把原来的首块（现在的最后一块）中的链接指针的内容修改为EOF，然后将该块重新写入磁盘。因此总共要做102次磁盘I/O操作。

20. 存放在某个磁盘上的文件系统，采用混合索引分配方式，其 FCB 中共有 13 个地址项，第 0—9 个地址项为直接地址，第 10 个地址项为一次间址，第 11 个地址项为二次

间址,第12个地址项为三次间址。如果每个盘块的大小为512B,盘块号占3B,则每个盘块最多存放170个盘块地址。

(1) 将文件的字节偏移量5 000、15 000、150 000转换为物理盘块号和块内偏移量。

(2) 假设某个文件的FCB已在内存中,但其他信息均在外存中,为了访问该文件中某个位置的内容,最少需要访问几次磁盘,最多需要访问几次磁盘?

【参考答案】

(1) $[5\ 000/512]=9$, $5\ 000\%512=392$,即字节偏移量5 000对应的逻辑盘块号为9,块内偏移量为392。由于 $9<10$,故可直接从该文件的FCB的第9个地址项处得到物理盘块号,块内偏移量为392。 $[15\ 000/512]=29$, $15\ 000\%512=152$,即字节偏移量15 000对应的逻辑盘块号为29,块内偏移量为152。由于 $10<29<(10+170)$,而 $29-10=19$,故可从FCB的第10个地址项(即一次间址项)中得到一次间址块的地址;读入该一次间址块并从它的第19项(即该一次间址块的第57~59这3个字节)中获得对应的物理盘块号,块内偏移量为152。 $[150\ 000/512]=292$, $150\ 000\%512=496$,即字节偏移量150 000对应的逻辑盘块号为292,块内偏移量为496。由于 $(10+170)<292<(10+170+170\times 170)$,而 $292-(10+170)=112$, $112/170$ 商为0,余数为112,故可从FCB的第11个地址项(即二次间址项)中得到二次间址块的地址,读入二次间址块并从它的第0项中获得1个一次间址块的地址,再读入该一次间址块并从它的第112项中获得对应的物理盘块号,块内偏移量为496。

(2) 由于文件的FCB已在内存中,为了访问文件中某个位置的内容,最少需要访问1次磁盘(即可通过直接地址直接读文件盘块),最多需要访问4次磁盘(第1次是读三次间址块,第2次是读二次间址块,第3次是读一次间址块,第4次是读文件盘块)。

21. (考研真题) 文件F由200条记录组成,记录从1开始编号,用户打开文件F后,欲将内存中的一条记录插入文件F中,作为其第30条记录。请回答下列问题,并说明理由。

(1) 若文件系统采用顺序分配方式,每个存储块存放1条记录,文件F的存储区域前后均有足够的空闲存储空间,则要完成上述操作最少要访问多少次存储块?文件FFCB内容会有哪些改变?

(2) 若文件系统采用链接分配方式,每个存储块存放1条记录和1个链接指针,则要完成上述操作最少要访问多少次存储块?若每个存储块的大小为1KB,其中4B存放指针,则该系统支撑文件的最大长度是多少?

【参考答案】

(1) 文件系统采用连续分配方式,即文件F的200条记录连续。文件F的存储区域前后均有足够的空闲存储空间,在第30条记录处插入1条记录,若要使插入操作访问存储块的次数最少,则需要将前29条记录向前移动。每移动1条记录需要访问2次存储块(1次读出,1次存入),即总共需要访问58次存储块。将第30条记录存入文件F中需要访问1次存储块,故总共需要访问59次存储块。文件F的起始存储块号和文件长度的内容会因插入操作的改变而改变。

(2) 文件系统采用链接分配方式,插入1条记录不需要移动其他记录,只需要找到插入点的位置,然后插入并修改相邻记录的存储块号即可。在第30条记录处插入1条记录,需要从第1条记录开始查找至第29条记录,这个过程须访问29次存储块。插入新记录需要访问1次存储块,修改第29条记录的链接块号,使其指向新插入的第30条记录又需要访问1次存储块,故整个过程共需要访问31次存储块。存放指针需要4B,每字节8位,故最大可寻址的空间是 $2^{32}B=4GB$,每个磁盘大小是1KB(等于1 024B),排除存放指针的4B,则存放数据的部分为 $1\ 024-4=1\ 020B$,故文件系统支持文件的最大长度为 $4G\times 1\ 020B=4\ 080GB$ 。