

第7章 文件管理

文件系统提供了操作系统信息存储和信息管理的基本功能。

用户使用操作系统的感觉在很大程度上取决于对文件系统的使用效果。

主要内容

7.1 文件管理概述

7.2 文件的组织结构和存取方式

7.3 目录管理

7.4 辅存空间的管理

7.5 文件的使用

7.6 文件的共享

7.7 文件的保护与保密

7.8 Linux文件系统

7.9 本章小结

本章要点

- ◆ 文件系统为用户提供了简单、方便、统一的存取和管理信息的方法，以实现文件组织、存取、检索、更新、共享和保护手段，并提供辅存空间的管理和方便用户的快捷操作接口等。本章重点掌握以下要点：
 - ◆ 了解文件和文件系统；
 - ◆ 理解文件的共享、保护和保密技术，以及文件的使用过程；
 - ◆ 掌握文件的组织结构和存取方式、目录管理机制以及典型的辅存空间管理技术。

7.1 文件管理概述

- ◆ 现代操作系统设计了对信息进行管理的功能，称文件管理或文件系统。文件管理的主要工作是管理用户信息的存储、检索、更新、共享和保护。
- ◆ 文件和文件系统
 - 文件：主要属性包括：基本属性、类型属性、保护属性、管理属性、控制属性等。
 - 文件系统
 - 操作系统中负责存取和管理文件信息的软件，可管理文件的存储、检索、更新，提供安全可靠的共享和保护手段，并且方便用户使用。
 - 从系统角度看，文件系统的功能是负责文件的存储并对存入的文件进行检索、保护，并对文件存储空间进行组织和分配等。
 - 从用户角度看，文件系统的功能是实现“按名存取”。

7.1 文件管理概述

◆ 文件的分类

- 按性质和用途分：系统文件、库文件和用户文件
- 按保护级别分：只读、读写、执行文件和不保护文件
- 按信息流向分：输入、输出和输入输出文件
- 按存放时限分：临时、永久和档案文件
- 按数据形式分：普通文件、目录文件、特殊文件

◆ 文件系统的功能

- 目录管理：实现按名存取
- 文件的组织：逻辑结构和物理结构
- 文件存储空间的管理：辅存空间的分配与释放
- 文件操作：基本文件操作有建立、打开、读、写、关闭和删除文件
- 文件的共享、保护和保密

7.1 文件管理概述

- ◆ 文件系统的层次结构
- ◆ 描述层：负责说明系统中所有文件和文件存储介质的使用状况。
- ◆ 管理层：最关键部分，包含设备驱动管理、物理I/O控制、文件存储组织、逻辑I/O管理。
- ◆ 接口层：负责为用户使用文件系统提供相应的接口，如命令接口和程序接口。



7.2 文件的组织结构和存取方式

- ◆ 1. 用户的角度构造文件逻辑结构
 - 按信息的使用和来处理方式来组织文件，是用户可以处理的数据及结构，独立于物理特性构造而成。
- ◆ 2. 文件系统的角度构造文件物理结构
 - 从存储和检索的角度，决定用户文件如何存放在存储介质上。这种文件在存储介质上的组织方式称为物理结构。
 - 用户按逻辑结构使用文件，文件系统按物理结构管理文件。
- ◆ 3. 文件的存储介质
 - **存储介质**：用来记录信息的媒体，介质的物理单位是“卷”。
 - **块**：又称物理记录，是存储介质上连续信息所组成的一个存储区域。块是辅存与主存之间进行信息交换的基本物理单位。

7.2 文件的组织结构和存取方式

- ◆ 文件的存取方式：从对文件信息的存取次序考虑
 1. **顺序存取**：对文件中的信息按顺序依次进行读写，是最简单的存取方式。磁带为典型设备。
 2. **随机存取**：又称直接存取，按任意次序随机读写文件中的信息，无需先存取其前面的记录。磁盘是典型设备。
 3. **按键存取**：根据给定的键或记录名进行文件的存取。该方法必须先检索到要进行存取的记录的逻辑位置，再将其转换到存储介质上的相应物理地址后进行存取。
 4. 存取方式的采用所考虑的两个因素：
 - ① 文件的性质：区分流式和记录式
 - ② 存储设备的特性：区分磁盘机和磁带机

7.2 文件的组织结构和存取方式

◆ 文件的逻辑结构

- ◆ **流式文件**：又称无结构文件，文件是有逻辑意义的、无结构的一串字符的集合，文件内的信息不可再划分。
- ◆ **记录式文件**：又称有结构文件，由若干个逻辑记录组成，每个逻辑记录都是逻辑上具有独立意义的基本信息单位，通过**主键**把文件中的逻辑记录惟一区分开来，形成如下文件：

- 顺序文件
- 索引文件
- 索引顺序文件
- 直接文件
- 哈希文件

记录号	学号	姓名	性别	操作系统
1	18080601	张芳	女	86	
2	18080602	钱涵	女	88	
3	18080603	赵靖	男	85	

7.2 文件的组织结构和存取方式

◆ 文件的物理结构

- ◆ 1.顺序结构：一个文件在逻辑上连续的信息存放到存储介质上依次相邻的物理块上，则此文件的物理组织形式称为顺序结构。

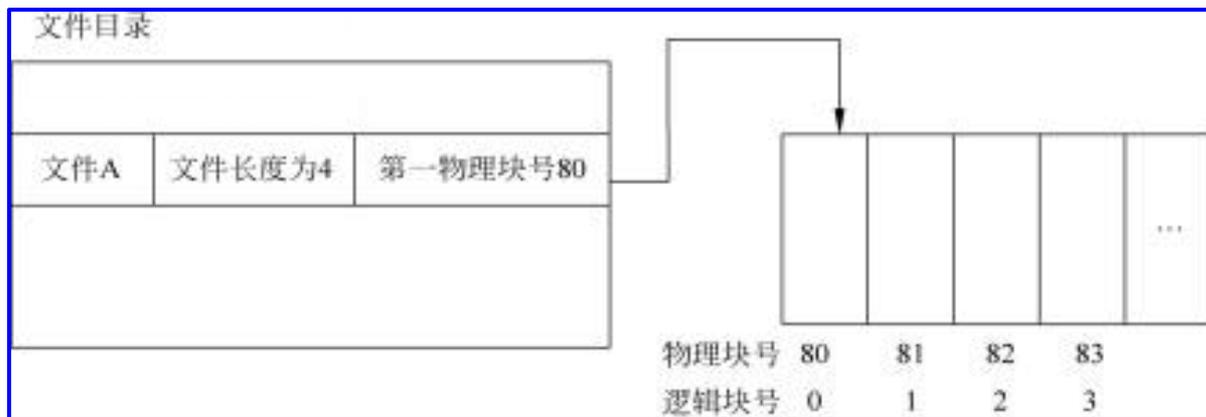


图7-2 文件的顺序结构

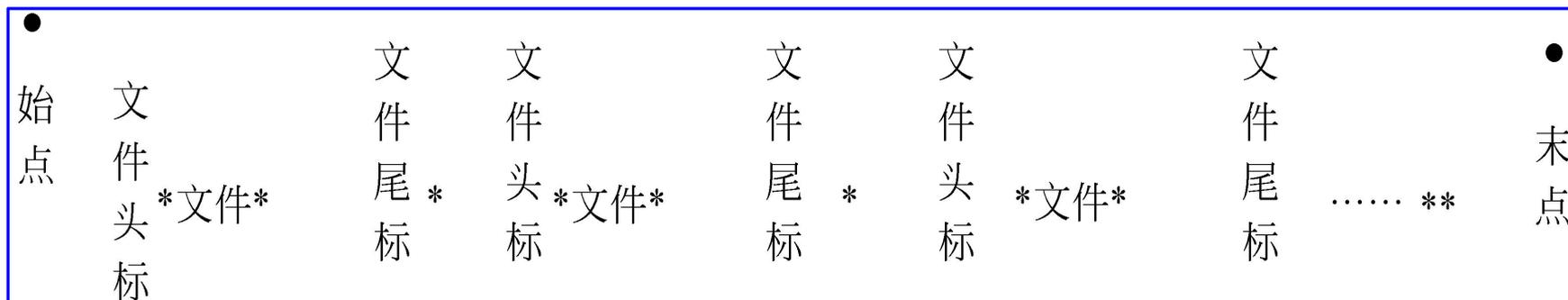


图7-3 磁带文件的组织形式

7.2 文件的组织结构和存取方式

- ◆ 文件的物理结构
- ◆ 2.链接结构：文件中的信息可以存放在若干不相邻的物理块中，各块之间通过指针链接起来，可实现非连续存储。

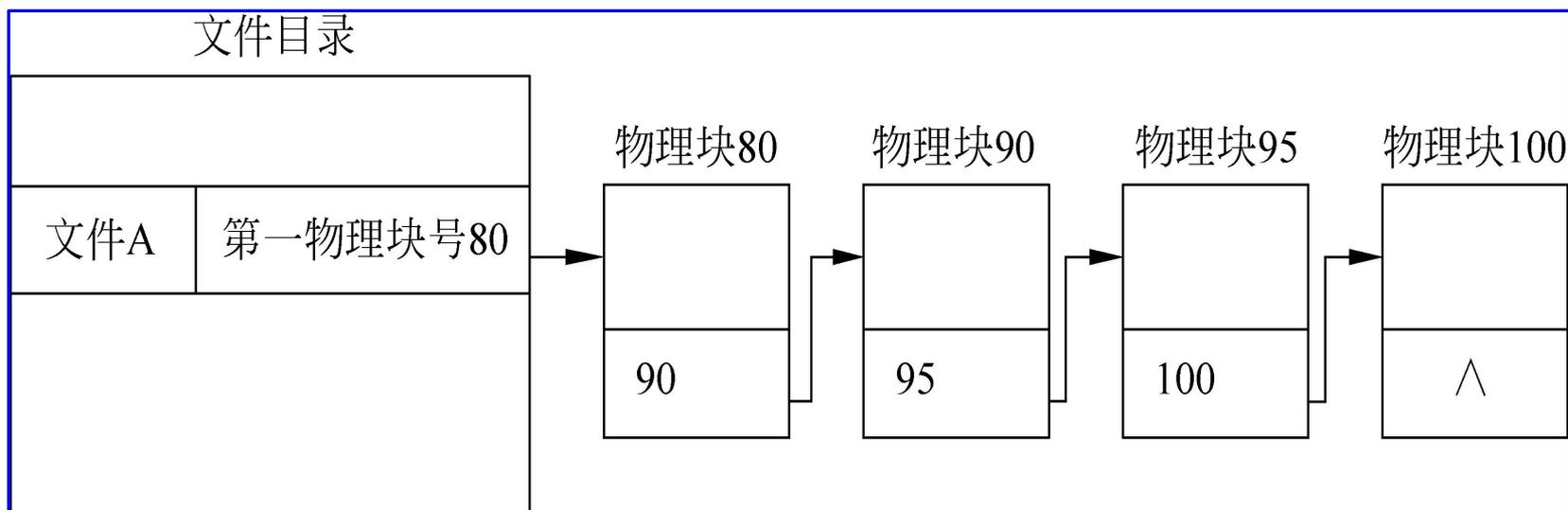


图7-4 文件的链接结构

7.2 文件的组织结构和存取方式

- ◆ 文件的物理结构
- ◆ 3.索引结构：为每个文件建立的一个专用数据结构——索引表，如右图，用于指出每个逻辑记录的物理存储位置。

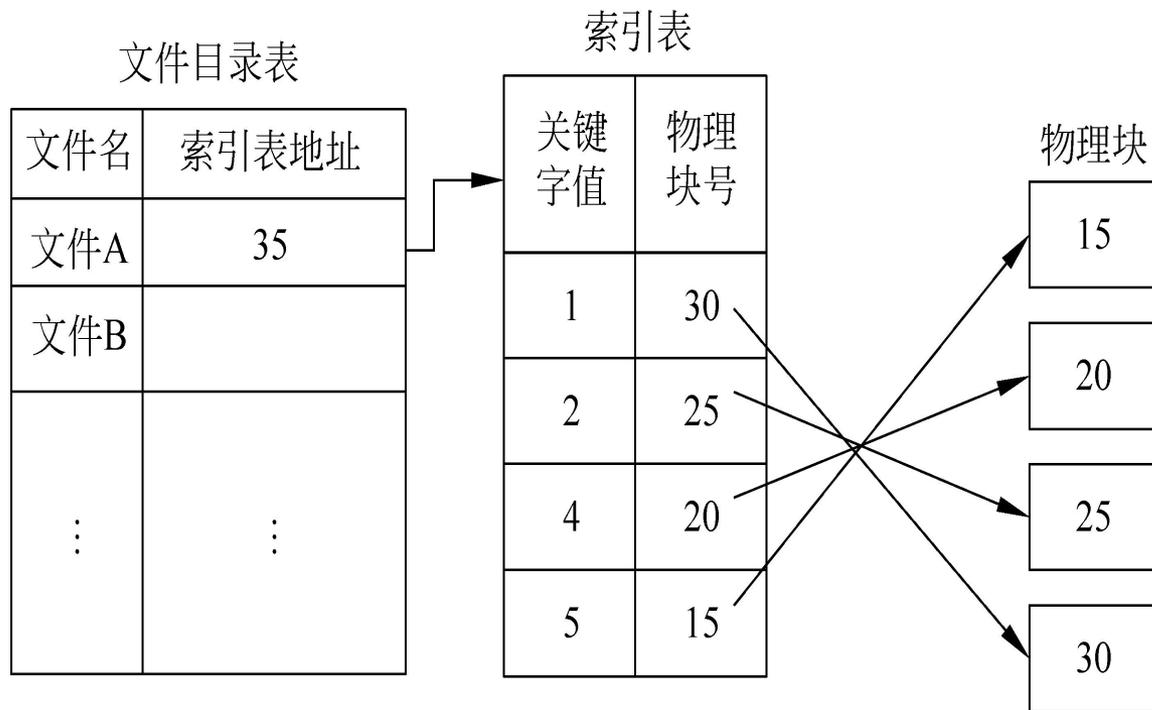


图7-5 文件的索引结构

7.2 文件的组织结构和存取方式

- ◆ 文件的物理结构
- ◆ 4.直接文件：针对记录式文件，将记录的关键字与其物理地址间通过某种方式建立起对应关系，利用这种关系实现记录存取。

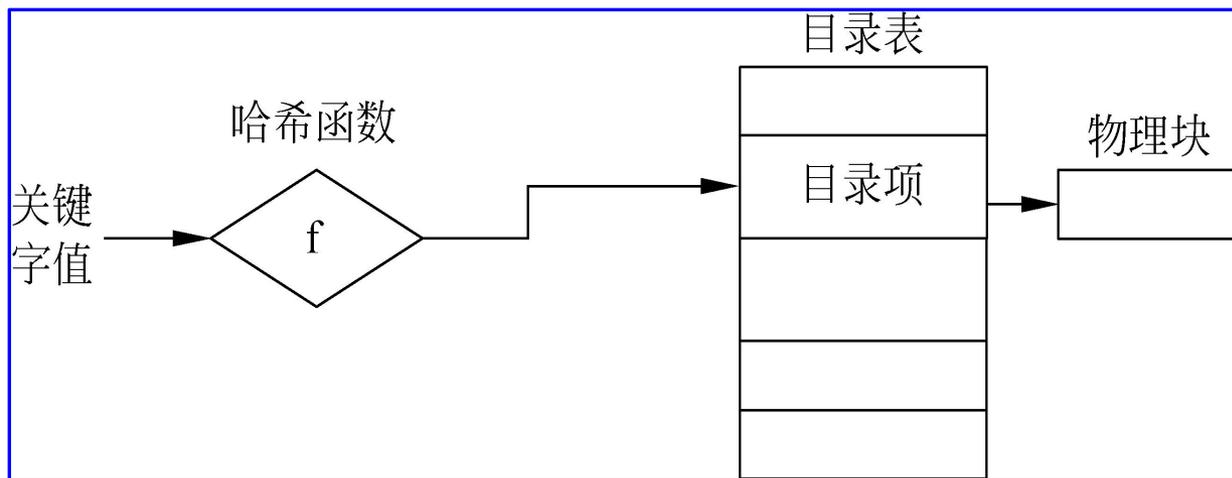


图7-6 哈希文件的逻辑结构

7.2 文件的组织结构和存取方式

- ◆ **记录的成组和解组**
- ◆ 逻辑记录和块的关系：前者是逻辑概念，后者是物理概念。
- ◆ 记录的成组
 - 把若干个逻辑记录合并成一组存入一个物理块的过程。一个物理块中包含的逻辑记录的整数个数称为块因子。
- ◆ 记录的分解
 - 从一组逻辑记录中把一个个逻辑记录分离出来的操作过程。

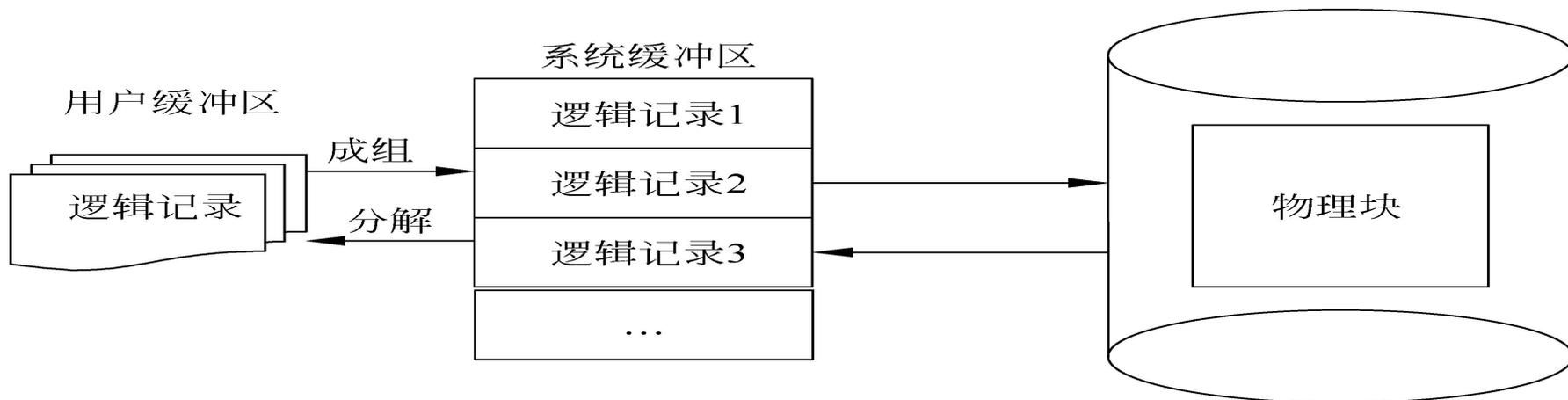


图7-7 记录的成组与分解过程示意图

7.2 文件的组织结构和存取方式

◆ 记录的成组和分解

- ◆ 【例1】有一批原始数据记录在一叠卡片上，每张卡片最多记录80个字符，为了携带方便，现要把10张卡片数据转存入磁带上，若磁带的记录密度为每英寸800个字符，块与块间的间隙为0.6英寸。

- ① 求解不采用记录成组操作时磁带空间的利用率。
- ② 求解采用记录成组操作且块因子为5时，磁带空间的利用率。
- ③ 若要使磁带空间利用率不少于80%，至少应以多少个逻辑记录为一组？

◆ 解：假设800字符为一块。

- ① 记录不成组操作，即一个物理块只存储一张卡片数据，一个存储数据块实际占用磁带长为 $80/800\text{in}=0.1\text{in}$ ，与块间隙空间比为1:6，空间利用率为 $1/7\approx 14\%$ 。
- ② $(80*5)/800\text{in}=0.5\text{in}$ ，与块间隙空间比为5:6，空间利用率为 $5/11\approx 45\%$ 。
- ③ 800字符为一块，则每块最多存放10张卡片数据，与块间隙空间比为10:6，空间利用率为 $10/16=62.5\%$ ，低于80%。若要使用率不低于80%，则数据块与间隙比不能低于24:6，即2.4in为一块，逻辑记录数为 $800*2.4/80=24$ 。

7.2 文件的组织结构和存取方式

◆ 记录的成组和分解

- ◆ 【例2】某文件以顺序结构形式存放在磁盘，该文件有9个等长逻辑记录，每个逻辑记录的长度为256个字节。文件在磁盘上的起始块号为88，磁盘物理块长度为1024个字节，系统缓冲区数据长度也为1024字节。

- ① 若采用记录成组方式存放该文件时，最合适的块因子是多少？
- ② 该文件至少要占用磁盘块？
- ③ 若把文件的第8个逻辑记录读入用户区10000单元开始区域，则其主要过程是？

◆ 解：

- ① 块因子为 $1024/256=4$ 。
- ② $9/4=2.25$ ，占用3块。
- ③ 首先，申请一个系统缓冲区，假设起始地址为L，第8个逻辑记录的物理地址为89块，可计算出对应的柱面号、磁头号 and 扇区号；然后，启动磁盘将该物理块读入内存L单元的缓冲区；最后，将L+768B开始的256B记录数据传送到用户缓冲区10000单元区域。

7.3 目录管理

◆ 目录管理的具体要求

- ① 实现按名存取
- ② 提高检索目录的速度
- ③ 实现文件共享
- ④ 允许文件重名

◆ 文件目录

- 为每个文件定义一个文件控制块，惟一标识一个文件。一个文件控制块就是一个文件目录项，所有的文件控制块有机地组织在一起，就构成了整个文件目录。

◆ MS-DOS文件控制块结构

文件名	扩展名	属性	备用	时间	日期	首块号	总块数
-----	-----	----	----	----	----	-----	-----

7.3 目录管理

◆ 1. 一级目录结构

- 所有文件都登记在该目录表中，每个文件占据其中一项
- 仅能实现文件按名存取

文件名	物理地址	日期	时间	其他信息
File1				
File2				
File3				
...				

图7-8 一级目录结构

7.3 目录管理

◆ 2. 二级目录结构

- 由一张主文件目录表和若干张用户文件目录表构成
- 能实现目录管理的四个要求

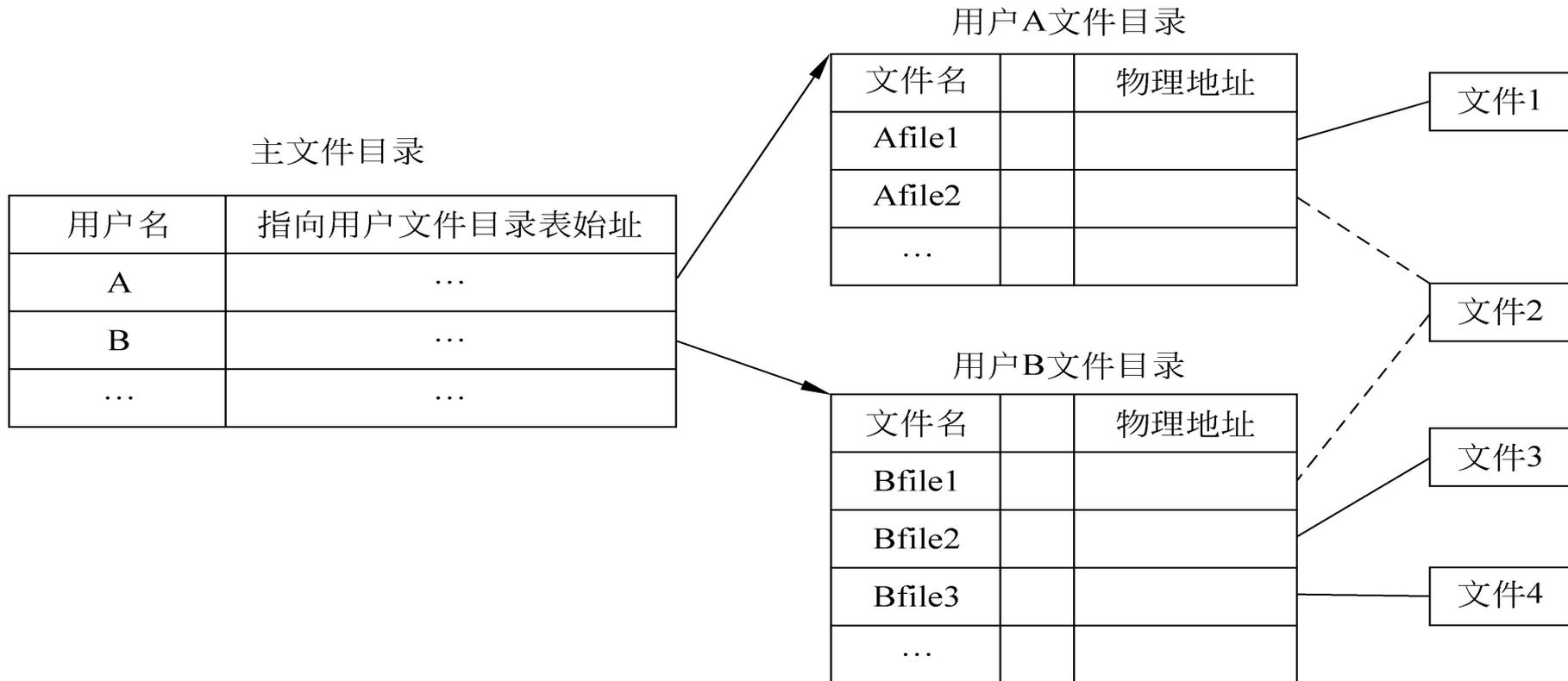


图7-9 二级目录结构

7.3 目录管理

◆ 3. 树形目录结构

- ▣ 绝对路径
- ▣ 相对路径
 - 当前目录
 - 父目录
 - 子目录

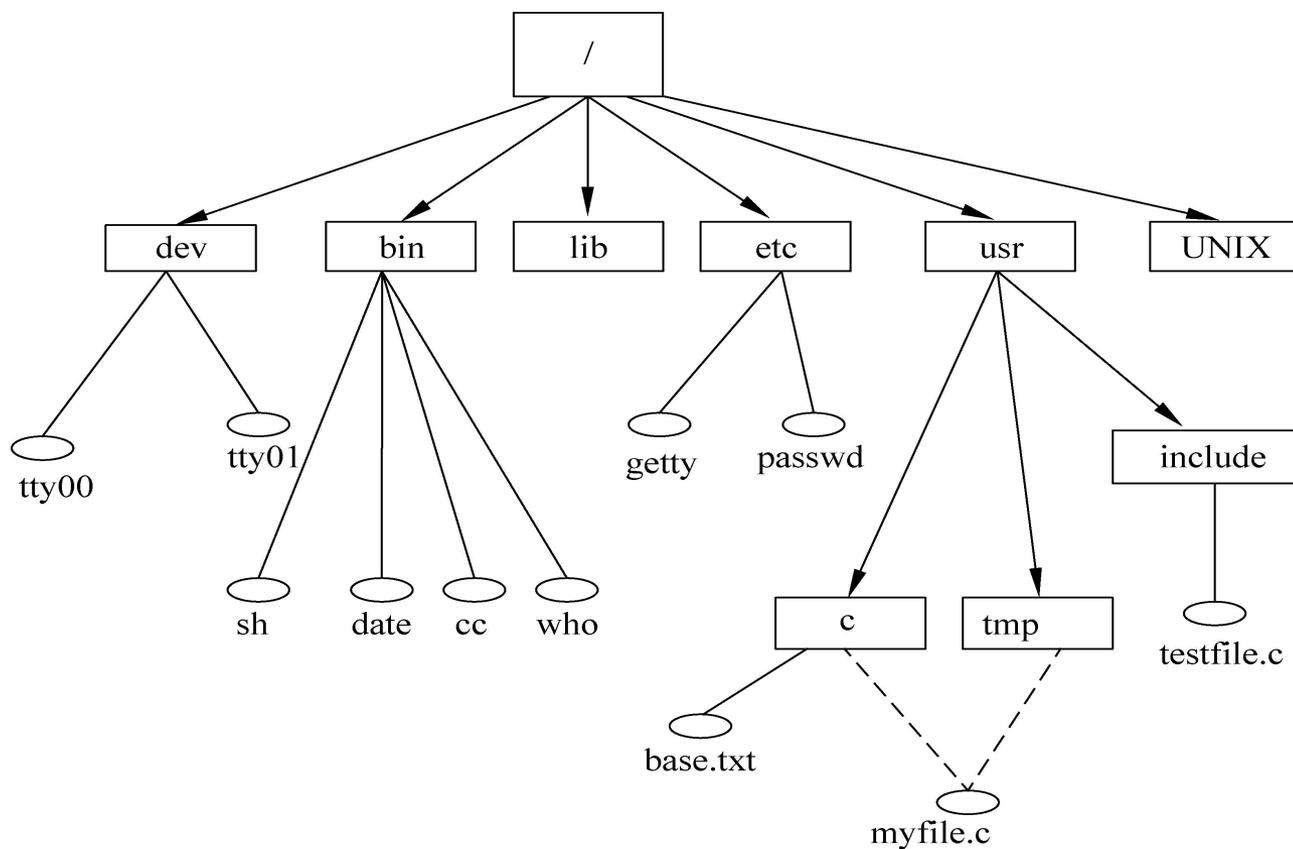


图7-10 树形目录结构

7.4 辅存空间的管理

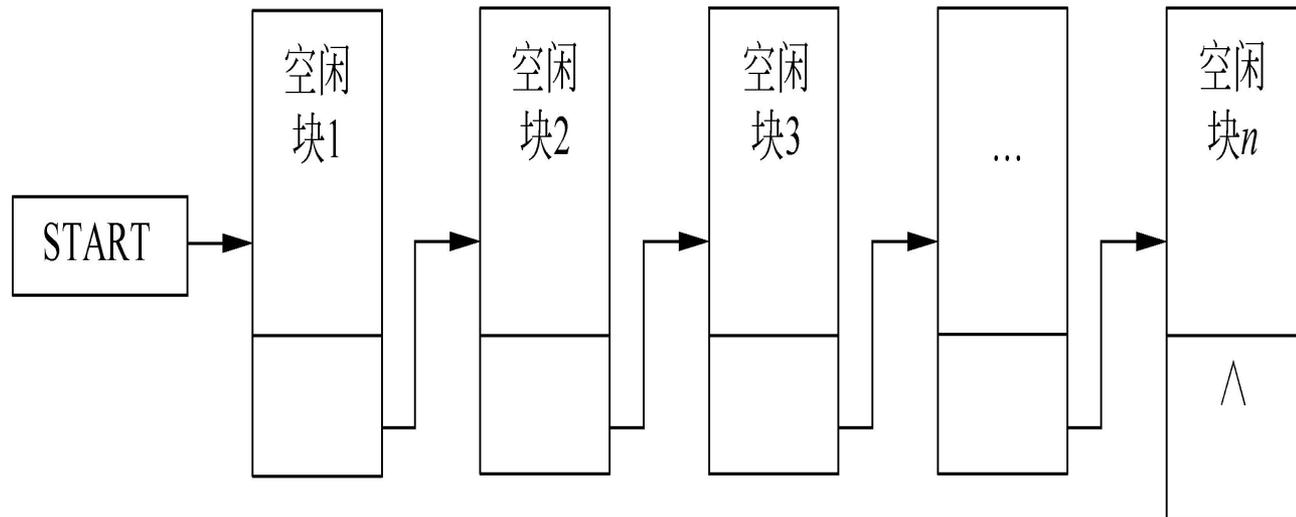
◆ 7.4.1 空闲块表

- 分配与回收参照
- 可变分区方式

序号	第一个空闲块号	空闲块数
1	6	10
2	18	15
3	42	60
4	空	

◆ 7.4.2 空闲块链法

- 空闲块链表
- 空闲区（连续空闲块组成空闲区）链表



7.4 辅存空间的管理

◆ 7.4.3 位示图法

位号 / 字号	0位	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	9位	10位	...	62位	63位
0字	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	...	1	1
1字	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	...	0	1
2字	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	...	0	0
3字	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	...	1	1
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
98字	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	...	0	0
99字	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	...	1	1
100字	剩余空闲块数													

图7-14 位示图

7.4 辅存空间的管理

◆ 位示图法分配过程

- ① 根据文件大小顺序扫描位示图，若空闲块总数大于文件长度，则找出一组为0的空闲位进行分配。
- ② 将找到的空闲位逐个转换成与之相对应的用柱面号、磁头号、扇区号标识的某个磁盘存储块号。

- 块号 = (字号 - 一起始字号) × 字长 + (位号 - 一起始位号) + 起始块号
- 柱面号 = ((块号 - 起始块号) / 柱面长) + 起始柱面号
- 磁头号 = (((块号 - 起始块号) % 柱面长) / 每个磁道上的扇区数) + 起始磁头号
- 扇区号 = (((块号 - 起始块号) % 柱面长) % 每个磁道上的扇区数) + 起始扇区号

7.4 辅存空间的管理

- ◆ **【例1】**：若一个硬盘共有16383个柱面，每个柱面上有16个磁道(即包括16个磁头)，每个磁道划分成63个扇区，位示图是由字长为64位的二进制位构成。给定字、位、块、柱面、磁头和扇区等的起始编号均为0，假设现在要将位示图中字号50和位号20位对应的空闲块分配给用户使用，则可以很容易确定磁盘上的物理块地址对应的柱面、磁头和扇区。
 - 柱面长= $16*63=1008$ ，每个柱面含1008个扇区。
 - 磁道长=63，每个磁道含63个扇区。
 - 块号= $50*64+20=3220$ 。
 - 柱面号= $3220/1008=3$ 。
 - 磁头号= $(3220\%1008)/63=3$ 。
 - 扇区号= $(3220\%1008)\%63=7$ 。

7.4 辅存空间的管理

- ◆ **【例1】**：若一个硬盘共有16383个柱面，每个柱面上有16个磁道(即包括16个磁头)，每个磁道划分成63个扇区，位示图是由字长为64位的二进制位构成。给定字、位、块、柱面、磁头和扇区等的起始编号均为0，假设现在要将位示图中字号50和位号20位对应的空闲块分配给用户使用，则可以很容易确定磁盘上的物理块地址对应的柱面、磁头和扇区。
 - 若字、位、块、柱面、磁头和扇区的起始编号均为1，则：
 - 柱面长= $16 * 63 = 1008$ ，每个柱面含1008个扇区。
 - 磁道长=63，每个磁道含63个扇区。
 - 块号= $(50-1) * 64 + (20-1) = 3156$ 。
 - 柱面号= $(3156-1) / 1008 + 1 = 4$ 。
 - 磁头号= $((3156-1) \% 1008) / 63 + 1 = 3$ 。
 - 扇区号= $((3156-1) \% 1008) \% 63 + 1 = 6$ 。

7.4 辅存空间的管理

◆ 位示图法回收过程

- ① 根据要回收的磁盘柱面号、磁头号 and 扇区号对应的具体物理地址，计算出磁盘物理块号。
- ② 将回收的磁盘物理块号转换成位示图中对应的字号和位号。
- ③ 修改位示图，将计算出的二进制位的值清0，并修改剩余的空闲块总数。

- $\text{块号} = (\text{柱面号} - \text{一起始柱面号}) \times \text{柱面长} + (\text{磁头号} - \text{一起始磁头号}) \times \text{扇区数} + (\text{扇区号} - \text{一起始扇区号}) + \text{起始块号}$
- $\text{字号} = (\text{块号} - \text{一起始块号}) / \text{字长} + \text{起始字号}$
- $\text{位号} = (\text{块号} - \text{一起始块号}) \% \text{字长} + \text{起始位号}$

7.4 辅存空间的管理

- ◆ **【例2】**：给定字号和位号的起始编号均为0，块号、柱面号、磁头号和扇区号等的起始编号均为1，若硬盘的结构不变，假设现在要将磁盘上的7柱面上的5磁头指向的3扇区的物理块回收。
 - 物理块号 $= (7-1) * 1008 + (5-1) * 63 + (3-1) + 1 = 6303$ 。
 - 字号 $= (6303-1) / 64 + 0 = 98$ 。
 - 位号 $= (6303-1) \% 64 + 0 = 30$ 。
 - 将位示图中字号为98位号为30对应位置0。

7.4 辅存空间的管理

- ◆ **【例2】**：给定字号和位号的起始编号均为0，块号、柱面号、磁头号 and 扇区号等的起始编号均为1，若硬盘的结构不变，假设现在要将磁盘上的7柱面上的5磁头指向的3扇区的物理块回收。
 - 若给定字号和位号的起始编号均为1，而块、柱面、磁头和扇区等的起始编号均为0，则：
 - 物理块号 $= (7-0) * 1008 + (5-0) * 63 + (3-0) + 0 = 7374$ 。
 - 字号 $= (6303-0) / 64 + 1 = 116$ 。
 - 位号 $= (6303-0) \% 64 + 1 = 15$ 。
 - 将位示图中字号为116位号为15对应位置0。

7.4 辅存空间的管理

◆ 7.4.4 成组链接法

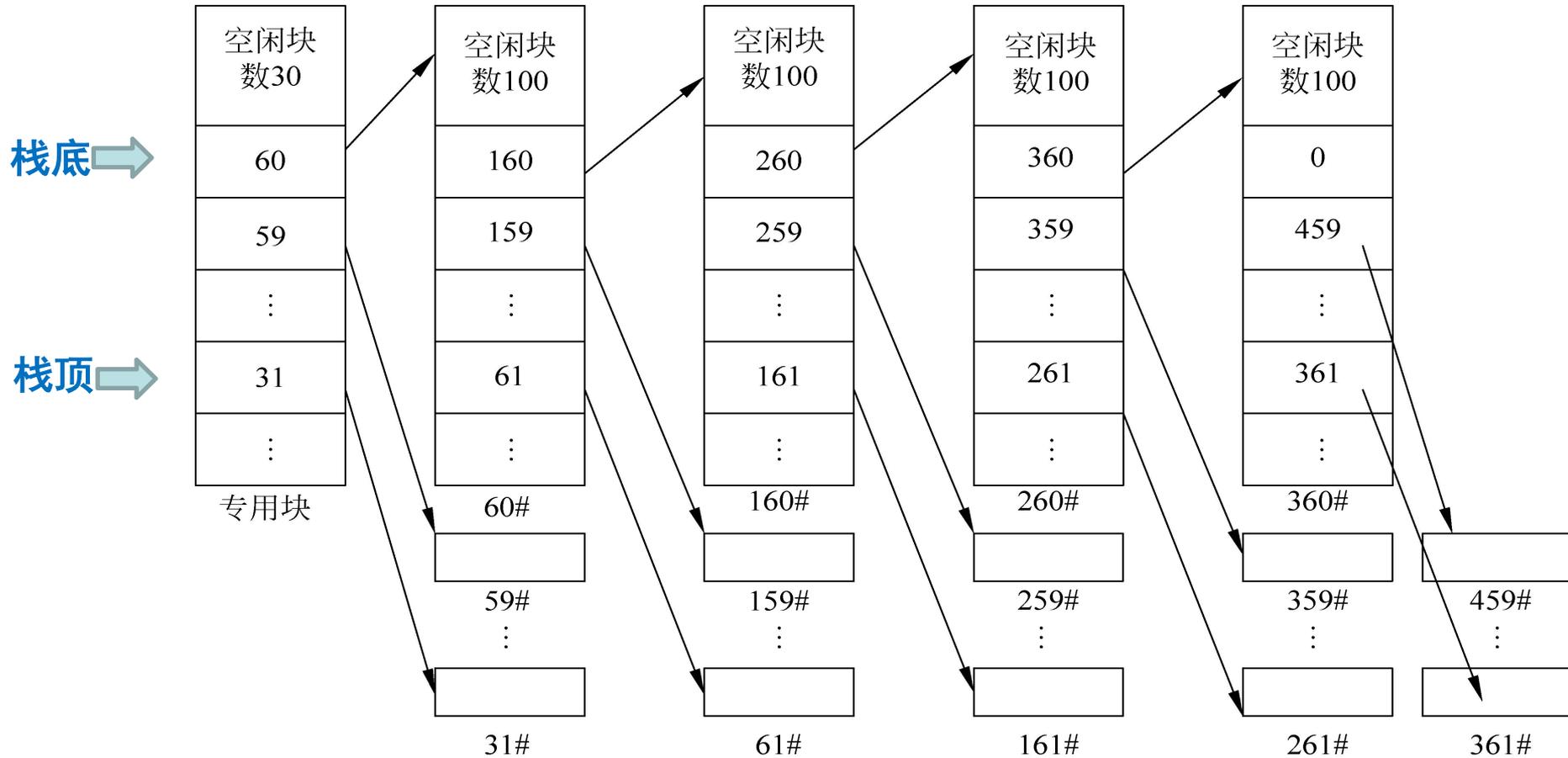


图7-15 空闲块链组

7.4 辅存空间的管理

- ◆ 成组链接法存储空间的分配过程
- ◆ 若初始化时系统已把专用块读入主存L单元开始的区域中，则分配一个空闲块的分配算法如下：
 - 查L单元内容（即空闲块数）：
 - 若空闲块数 >1 ，则 $i=L+$ 空闲块数(i 为主存地址单元)；
 - 从 i 单元得到一空闲块号；
 - 把该块分配给申请者；
 - 空闲块数减1。
 - 若空闲块数 $=1$ ，则取出 $L+1$ 单元内容（一组的第一块块号或0）；
 - 若其值 $=0$ 无空闲块，申请者等待；
 - 否则其值 $\neq 0$ 把该块内容复制到新的专用块；
 - 把该块分配给申请者使用；
 - 把专用块内容读到主存L开始的区域。

7.4 辅存空间的管理

- ◆ 成组链接法存储空间的回收过程
- ◆ 初始化时系统已把专用块读入主存L单元开始的区域中，则归还一个空闲块的回收算法如下：
 - 取出L单元的空闲块数；
 - 若空闲块数 $<N$ ，则空闲块数加1；
 - $j=L+$ 空闲块数(j 为主存地址单元)；
 - 归还块号填入 j 单元。
 - 若空闲块数 $=N$ ，则把主存中登记的信息写入归还块中；
 - 把归还块号填入 $L+1$ 单元中；
 - 将L单元的空闲块数置成1。

7.5 文件的使用

- ◆ 文件在存储介质上的存储结构不仅与存储设备的物理特性有关，还与用户如何使用文件有关。
- ◆ 文件存储在辅存空间中，当要访问某个文件时，必须从辅存上读入主存。为整个系统提供一张系统打开文件表，为每个用户提供一张用户打开文件表。

文件控制块信息	文件号	共享计数	修改标志
...

图7-16 系统打开文件表

文件描述符	打开方式	读写指针	系统打开文件表入口地址
...

图7-17 用户打开文件表

7.5 文件的使用

- ◆ 多个进程共享同一个文件时，则多个用户打开文件表目必须对应系统打开文件表的同一入口地址。

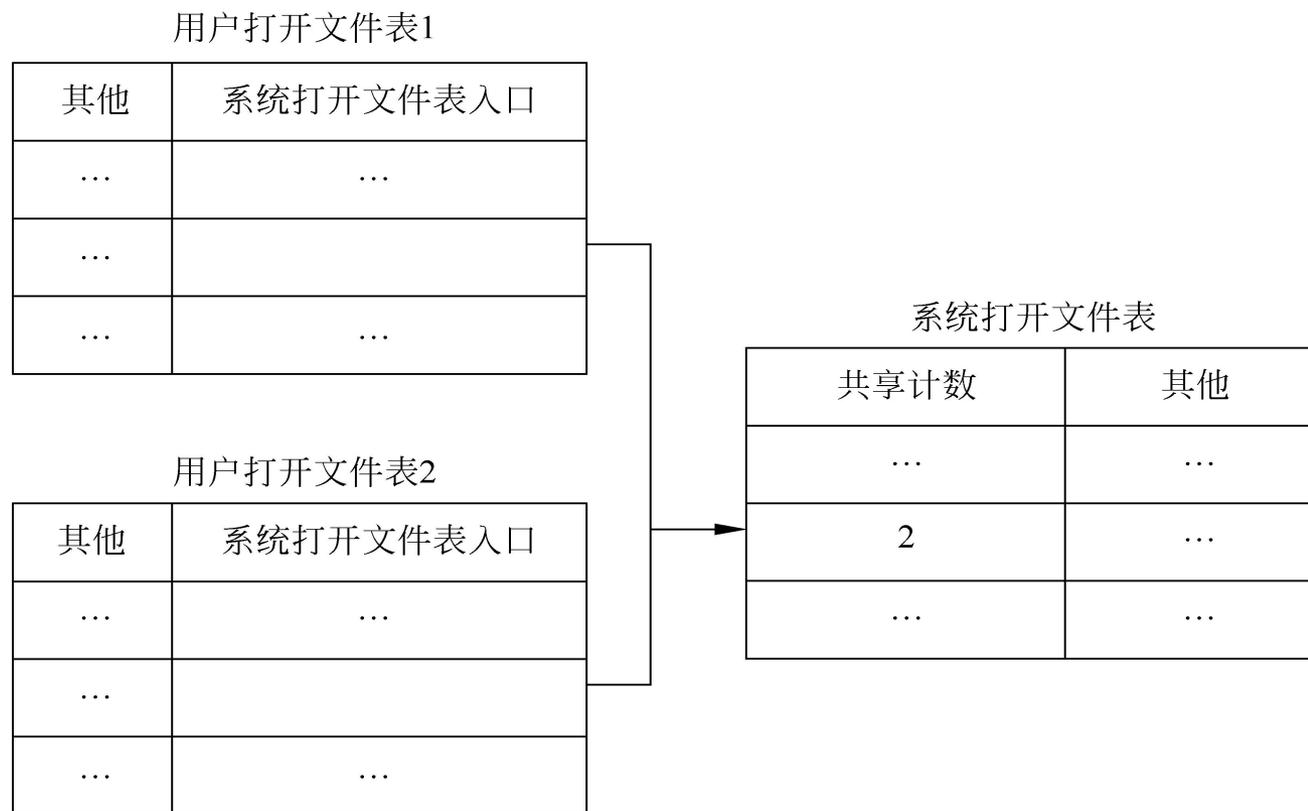


图7-18 文件表之间的关系

7.5 文件的使用

- ◆ 文件六个基本操作：每个基本操作又称一个文件操作原语
 - 建立文件操作
 - 打开文件操作
 - 读文件操作
 - 写文件操作
 - 关闭文件操作
 - 删除文件操作
- ◆ 文件访问过程
 - 读文件：打开文件操作/读文件操作/关闭文件操作
 - 写文件：建立文件操作/写文件操作/关闭文件操作
 - 删除文件：删除文件操作

7.6 文件的共享

◆ 文件共享

- 定义：是指允许两个或更多个用户同时使用同一个文件。系统只需保存共享文件的一个副本，可节省大量辅存空间和主存空间，减少I/O操作次数，方便用户，大大减少用户工作量。

◆ 共享文件方法和实现技术

- 目录链接法
- 索引结点链接法
- 符号链接法

7.6 文件的共享

◆ 目录链接法

- 在树形目录结构中，当有多个用户需要经常对某个子目录或文件进行访问时，用户必须在自己的用户文件目录表中对欲共享的文件建立相应的目录项，称之为链接。
- 问题：树状变网状，文件查找路径不唯一，易出现删除、更新异常。

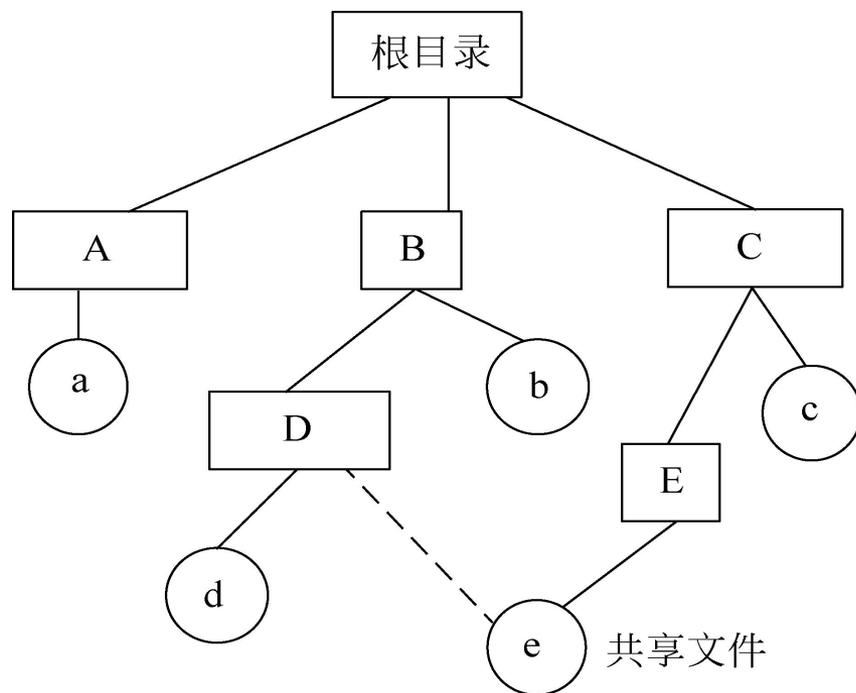


图7-19 基于文件目录法共享文件

7.6 文件的共享

◆ 索引结点链接法

- 增加文件索引结点，存放共享文件的存储地址、长度等文件信息。目录项中只存放文件名及指向索引结点的指针。
- 设置链接计数器count，记录链接到本索引结点文件上的用户目录项的个数。

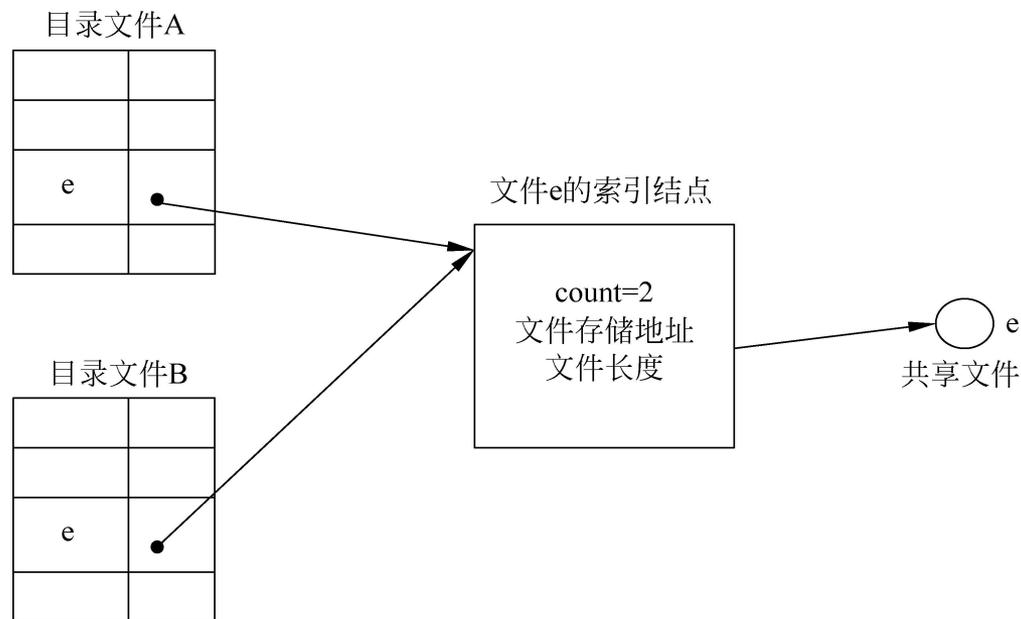


图7-20 基于索引结点法共享文件

7.6 文件的共享

◆ 符号链接法

- 共享用户通过调用系统过程“link”来创建一个LINK型新文件f，并把f记录到本用户的目录项中，从而实现该用户的目录项与文件f的连接。
- 优点突出
 - 避免了指针悬空
 - 实现网络环境下任意文件的共享
- 存在缺陷
 - 增加系统负担和开销
 - 耗费部分辅存空间

7.7 文件的保护与保密

- ◆ 文件系统中为文件提供了保护和保密措施。
 - 文件保护是指防止用户由于错误操作导致的数据丢失或破坏。
 - 文件保密是指文件本身不得被未经授权的用户访问。
- ◆ 影响文件系统安全的主要因素有：
 - 人为因素、系统因素、自然因素
- ◆ 为确保文件系统的安全，可采取以下相应措施：
 - ① 通过存取控制机制来防止人为因素造成的文件不安全性。
 - ② 通过磁盘容错技术来防止系统故障造成的文件不安全性。
 - ③ 通过备份技术来防止自然因素造成的文件不安全性。

7.7 文件的保护与保密

◆ 存取控制

- 文件在共享时，既存在保护问题，又存在保密问题

◆ 常见的文件存取权限

- E：表示可执行
- R：表示可读
- W：表示可写
- -：表示不能执行任何操作

◆ 控制方案

- 存取控制矩阵
- 存取控制表
- 设置口令
- 文件加密

7.7 文件的保护与保密

◆ 存取控制矩阵

文件 _i 用户 _j	文件 1	文件 2	文件 3	文件 4	文件 5	文件 6	----- _i	文件 n
用户 1 _j	1 _i	1 _i	1 _i	0 _i	0 _i	0 _i	----- _i	1 _i
用户 2 _j	0 _i	0 _i	0 _i	0 _i	1 _i	1 _i	----- _i	1 _i
用户 3 _j	1 _i	1 _i	1 _i	0 _i	0 _i	1 _i	----- _i	1 _i
----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j
用户 n _j	0 _i	1 _i	----- _i	1 _i				

图7-21 存取控制矩阵

文件 _i 用户 _j	文件 1	文件 2	文件 3	文件 4	文件 5	文件 6	----- _i	文件 n
用户 1 _j	E _i	R _i	ER _i	RW _i	- _i	ERW _i	----- _i	RW _i
用户 2 _j	ER _i	RW _i	ER _i	R _i	- _i	ERW _i	----- _i	ERW _i
用户 3 _j	ERW _i	RW _i	R _i	- _i	R _i	ER _i	----- _i	R _i
----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j	----- _j
用户 n _j	E _i	R _i	ER _i	R _i	RE _i	- _i	----- _i	RW _i

图7-22 具有访问控制权的存取控制矩阵

7.7 文件的保护与保密

◆ 存取控制表

文件 \ 用户	文件所有者	同组用户	其他用户
文件 1	ERW	ER	R
文件 2	ERW	R	ER
--- ---	--- ---	--- ---	--- ---
文件 n	ERW	ERW	-

图7-23 存取控制表

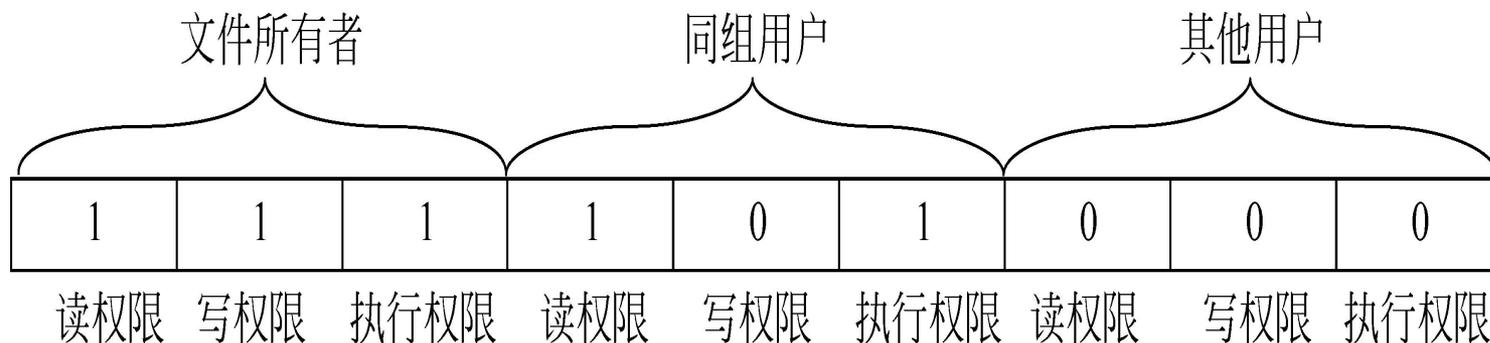


图7-24 存取控制位

7.7 文件的保护与保密

◆ 设置口令

- 文件所有者为自己的每个文件设置一个使用口令并写入文件控制块中，要求访问该文件的用户都必须先提供使用口令。

◆ 文件加密

- 对重要文件进行编码，把文件内容翻译成密码形式保存，使用时再对内容进行解密。

7.7 文件的保护与保密

◆ 容错技术

- ◆ 磁盘容错技术通过增加冗余磁盘驱动器、磁盘控制器等方法来提高磁盘系统完整性和可靠性的技术，可分为三个等级。
 - **一级容错技术**：主要用于防止因磁盘表面发生局部缺陷所造成的数据丢失，主要通过采取双目录、双文件分配表、热修复重定向和写后读校验等手段提高文件系统可靠性。
 - **二级容错技术**：主要用于防止因磁盘驱动器发生故障所造成的数据丢失，可采取磁盘镜像和磁盘双工等二级容错技术。
 - **三级容错技术**：主要用于高可靠的网络系统。

7.7 文件的保护与保密

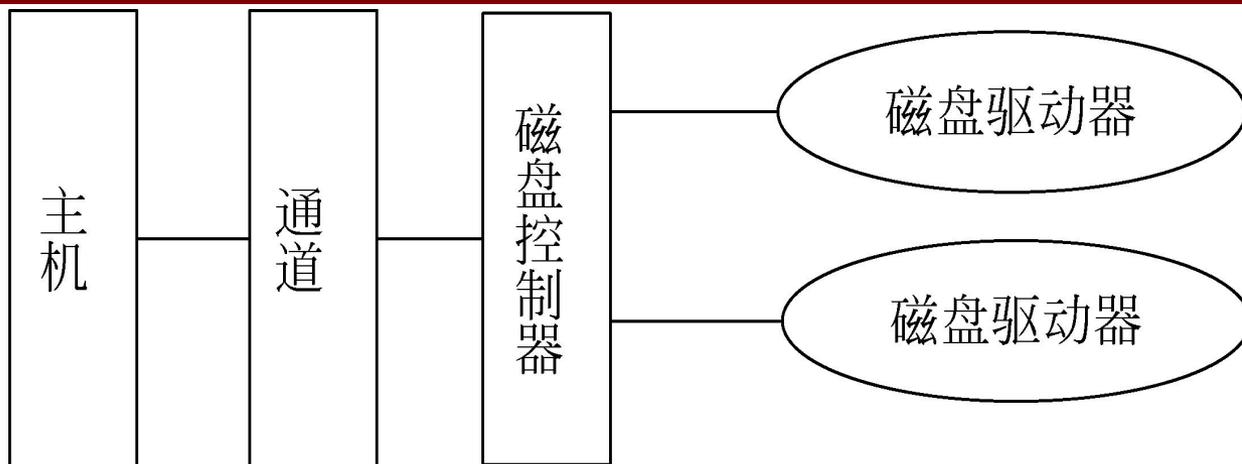


图7-25 磁盘镜像

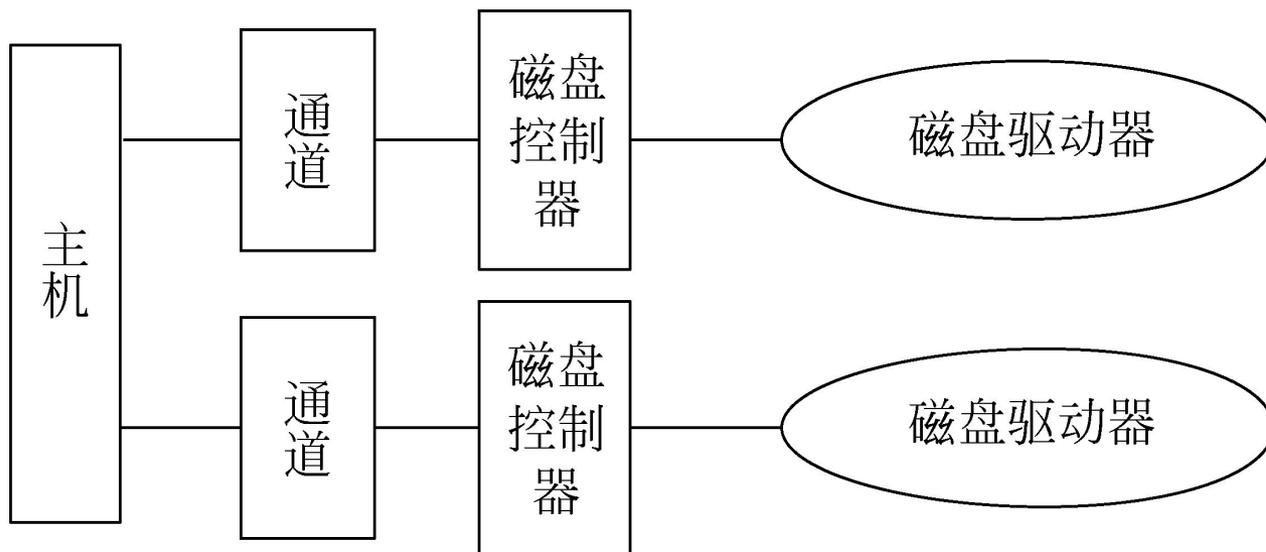


图7-26 磁盘双工

7.7 文件的保护与保密

◆ 廉价磁盘冗余阵列

- 廉价磁盘冗余阵列RAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disk)是一种广泛应用于大、中型系统和网络中的高级容错技术。磁盘阵列是利用一台磁盘阵列控制器，统一管理和控制一组磁盘驱动器，一组磁盘驱动器通常包含数十个磁盘，从而组成一个高度可靠的、快速的大容量磁盘系统。
- RAID刚推出时，分成6级，即RAID 0级~RAID 5级，后来又增加了RAID 6级和RAID 7级。
- RAID最大的特点就是可靠性很高，除了0级外，其余几级RAID都采用了容错技术。当阵列中某一磁盘损坏时，并不会造成数据丢失，因为它既可实现磁盘镜像，又可实现磁盘双工，还可实现其它的冗余方式。

7.7 文件的保护与保密

◆ 数据转储

- ◆ 为使系统中重要数据万无一失，应该对保存在存储介质上的文件采取一些保险措施，使得磁盘上的大部分数据转储到后备存储系统中。常采用的措施如下：
 - 建立副本：把同一个文件保存到多个存储介质上，常用作建立副本的存储介质是硬盘、光盘和U盘等。
 - 定期转储：定时或定期将文件转储到其它存储介质上，使重要文件有多个副本。常用的转储方法主要有海量转储和增量转储两种。

7.9 本章小结

- ◆ 文件管理的主要工作是完成文件的读、写、修改、删除、检索、更新、共享和保护等操作，这些操作由文件系统统一提供。文件从不同角度出发可构造出文件的逻辑结构和物理结构。
- ◆ 文件目录是实现按名存取的主要工具，常用的文件目录结构有一级、二级和多级目录，复杂的还包括无环图目录，现代操作系统一般使用树型目录结构对文件进行管理。
- ◆ 为了有效管理辅存空间，可选择**空闲块表**、**空闲块链**、**位示图**或**成组链接**方法，以提高辅存空间的利用率。常见的文件基本操作有：打开、建立、读、写、关闭和删除文件等六个。
- ◆ 文件共享主要通过目录链接、基于索引结点的链接和符号链接三种链接技术实现文件共享。文件的保护和保密技术分别采取**存取控制机制**、**磁盘容错技术**和**数据转储备份技术**等着手提高文件的安全性。