Chap7 Linux文件系统

- 什么是VFS? VFS的作用? VFS的框架? VFS如何实现与实际文件系统的映射?
- 以write()系统调用为例,说明VFS是如何与具体文件系统,如ext2相结合的?
- 什么是I节点(内存I节点、磁盘I节点)? VFS的索引节点与具体的文件系统的索引节点有什么联系?
- 目录项结构与索引节点有何区别? 为什么不把两者合二为一?
- 掌握相关的数据结构:作用、重要域的含义
 - Super_block \(\) Inode \(\) Files_struct \(\) File \(\) Dentry \(\) Vfsmount \(\) File_system_type
- Super_block结构中设置u域的意图是什么?
- 目录项的组织
- 掌握linux的目录和文件的访问过程(结合实例)
- 文件系统的注册和安装有何不同? 何时进行?
- 文件系统的注册、安装、卸载的过程?当文件系统正在使用时能够卸载?
- 如何描述已安装的、已注册的文件系统?
- 进程与文件系统的联系
 - 。 数据结构: Files_struct/fs_struct/file: 作用
 - 。 系统打开文件表、用户打开文件表, 及它们间的关系
 - 。 文件共享的实现: 讲义中的例子
- Ext2文件系统
 - 。 特点及物理结构:块组、超级块、块组描述符
 - 文件数据在磁盘上的组织:多重索引(15项)

7.1 Linux文件系统概述

- Linux文件系统**特征**:
 - 。 树形结构
 - 。 文件时无结构的字符流式文件
 - 。 权限保护
 - 。 外部设备也被看作文件

• 文件类型:

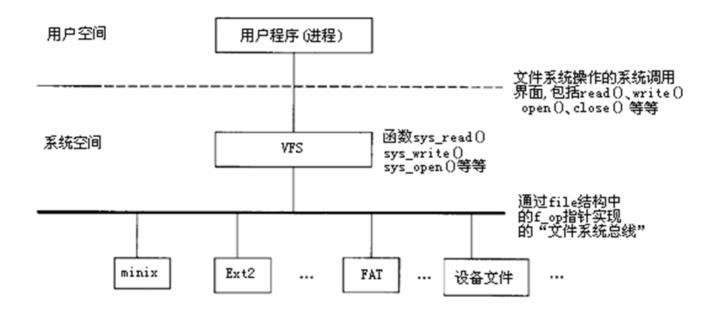
- 。 普通文件
- 。 目录文件: 由目录项组成, 每个目录项(文件名, inode号)
- 。 设备文件: 不占实际物理存储块
- 。 管道文件, 链接文件

安装

- 将一个文件系统的顶层目录挂到另一个文件系统的子目录上,使他们成为一个整体。
- 。 该子目录称为**安装点**
- 。 安装点原本的内容会被按章的文件系统覆盖。
- EXT2是Linux的标准文件系统,作为根文件系统。其他文件系统安装在根文件系统的某个目录下。

7.2 虚拟文件系统VFS

- 虚拟文件系统VFS--Virtual File System
 - 。 是一个软件层,用来处理与Linux/Unix标准文件系统相关的所有系统调用
 - 是用户应用程序与文件系统实现之间的抽象层
 - 。 能为各种文件系统提供一个**通用的、统一的接口**
- Linux文件系统的组成
 - 。 上层文件系统的系统调用
 - 。 虚拟文件系统
 - 。 挂载到VFS中的各种实际文件系统, 如EXT2
- VFS的**作用**
 - 接收对文件系统的访问操作请求,通过VFS的操作函数,按照一定的映射关系把这些访问重新定向 到实际文件系统中的相应的函数调用
 - 。 真正与物理结构有关的具体操作由实际文件系统完成。
 - 。 上下两类接口
 - **上层接口是提供给用户使用**。通过该接口使用I/O系统,如打开,关闭等
 - 下层接口提供给真实文件系统。VFS支持的每个真实文件系统都提供对这个接口的实现。



- VFS通过对每一个具体的文件系统的抽象,使得Linux用户能用统一接口使用不同的文件系统
- VFS存在于**内存中**

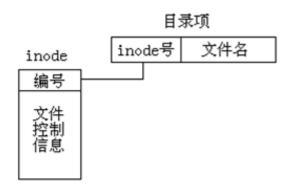
7.3 VFS的数据结构

- superblock object:超级块对象
 - 。 存放文件系统相关信息: 文件系统控制块
- inode object:索引节点对象
 - 。 存放具体文件的一般信息:文件控制块/inode
- file object:文件对象

- 。 存放一打开的文件和进程之间交互的信息
- dentry object:目录项对象
 - 。 存放目录项与文件的链接信息
- superblock:
 - 。 描述**已安装的文件系统**的信息,**全局数据结构**
 - 设备标识符、索引节点指针、数据块大小、超级块操作集、文件系统类型、文件系统的特殊 信息。
 - 。 **VFS超级块**位于内存中,在文件系统安装时建立,在卸载时自动删除
 - 。 各文件系统**有自己的超级块**,存放于磁盘上。
 - o 所有超级块以双线链表形式链接在一起, s_list对象为链表指针
 - super_operations数据结构表示超级块操作
 - 超级块有对应的唯一的设备号,不需要真实设备的自动分配0的匿名设备
- superblock的U域
 - 。 实现支持多种文件系统的**关键**。指向VFS所支持的各种具体文件系统的超级块。
 - 如当在系统上安装了另一个文件系统(比如DOS的FAT)时,那么DOS的超级块就被复制到内存的msdos_sb_info结构中。
 - 由于联合体类型数据成员super_block.u.msdos_sb指向该结构体,以后就允许该文件系统直接对内存超级块u域进行操作,无需再去访问磁盘,以提高系统效率。
 - 。 设置一个s_dirt标志表示是否需要更新磁盘上的数据,周期性写回脏数据。
- 超级块的操作
 - 。 超级块的操作由struct super_operations(抽象类)描述, 存放在s_op中。
 - 每个**具体文件系统**都应该提供super_opeartaion中函数的**具体实现**。
 - o super_opertaions是一个抽象类,只提供了接口,并未实现。ext2_sops, fat_sops等是具体类,实现了对应的接口。
- VFS Inode
 - VFS中每一个文件、目录都用且**只用一个VFS inode**表示。
 - 每个索引节点对象都有一个索引节点号,这个号唯一的表示某个文件系统中的指定文件
 - 文件名可以随意更改,但索引节点对文件是唯一的,随文件的存在而存在。
 - 具体文件系统的索引节点是存放在磁盘上的,是一种静态结构,使用时必须调入内存,填写VFS的索引节点。因此称VFS索引节点是动态节点
 - 索引节点由struct inode标识,方法保存在struct inode_operations
- VFS inode的U域
 - 。 存储每一个特定文件系统的特定inode
 - 。 如果索引节点指向的是一个ext2文件,那么该U域就指向一个ext2_inode_info结构;
 - 每个索引节点都要复制磁盘索引节点得到
- dentry:目录项

- inode中没有文件路径域文件名
- 。 目录文件包含该目录中所包含的文件名和子目录名
- 一个文件可以有多个文件名、路径名(一个文件可以出现在多个目录中),引入dentry结构描述目录与文件的关系树。
- 。 每个目录和文件有一个目录项结构
- 。 引入目录项是为了**方便查找文件**
 - 一个路径的各个组成部分,不管是目录还是普通的文件,都是一个目录项对象
 - **目录项对象没有对应的磁盘数据结构**,在VFS遍历路径名的过程中逐个解析

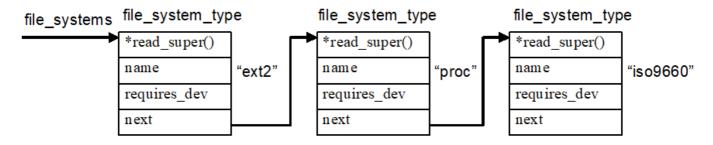
.



Linux文件系统的目录项

7.4 文件系统安装与注册

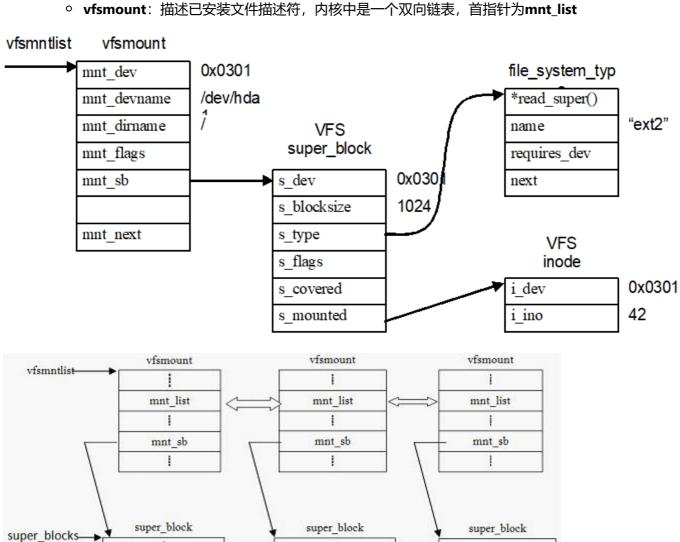
- 使用文件系统前必须进行注册
 - 时机
 - 系统初启动时;把某个文件系统作为内核模块显示安装时。
- 注册用到的数据结构
 - struct file_sytem_type表示一个文件系统类型,只包含一个read_super方法,用于读出该文件系统在辅存中的超级块
 - o 内核每个已注册的文件系统都存放在file_system_type链表中。该链表头部由file_system指示。
 - 。 系统引导时,由filesystem_setup()注册,根据file_system_type调用注册函数regsiter_filesystem(), 将file_system_type插入file_system链表中。



• 文件系统安装

- 。 安装用于建立文件系统的VFS超级块
- 。 安装与卸载一般只能由超级用户root完成。
- 。 安装文件系统需要**文件系统类型、文件系统所在设备以及挂装点**
- 时机:
 - 系统启动自动安装;通过mount命令安装

• 安装用到的数据结构



1

s list

Ĭ

s_type

1

s_instances

1

s list

1

s_type

s instances

1

s_list

1

s_type

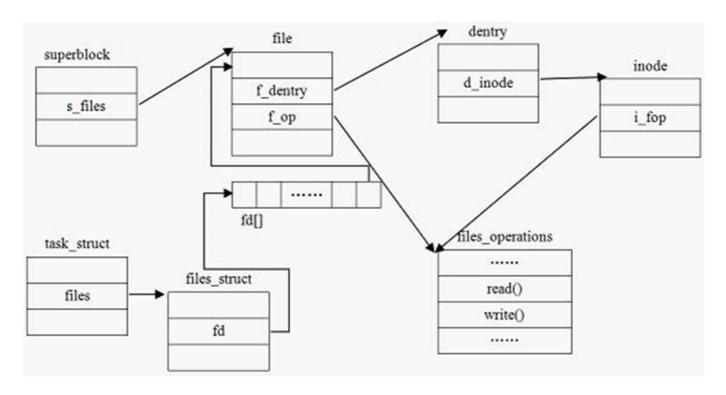
s instances

7.5 Linux文件和目录访问

- 在VFS中定位给定文件的索引节点
 - 。 VFS每次分解文件路径名中的一个目录名
 - 。 一次搜索每个中间目录名的VFS索引节点。
- 访问过程
 - 首先得到文件系统根目录对应的inode,读取其中的信息,根据文件类型判定是一个目录文件,在这个inode保存的目录项列表中找到名称为home的那一项,查找该目录项就可以得到这个子目录对应的inode,然后再读取该inode的信息;
 - 每一个目录文件中都保存着自己所包含文件和直接子目录的目录项,逐个查找,最终可以找到所需要文件的inode号,访问相应的inode,通过该inode的索引表,得到存储文件内容的物理块,就得到了指定文件的内容。

7.7 Linux讲程与文件系统的联系

- files_struct:
 - 作用:描述被进程打开使用的文件信息。
 - fd成员指向一个struct file数组,数组中的已使用项指向某个正被打开的文件对象
- fs_struct:
 - 。 作用: 描述进程与文件系统的关系。
 - pwd指向当前工作目录的索引节点;root指向当前工作目录所在文件系统的根目录的索引节点
- file:
 - 。 作用:表示文件
 - 操作函数,保存在struct file_operations。这些操作用来将**VFS对file结构的操作**转化为**文件** 系统处理相应操作的函数。
- 系统打开文件表: 所有进程**打开的文件**
 - 。 file结构组成的双向链表, 表头为first_file
 - 。 每次打开一个文件就新建一个file结构体, 加入链表
 - 。 file结构, 储存一个已打开文件的管理控制信息

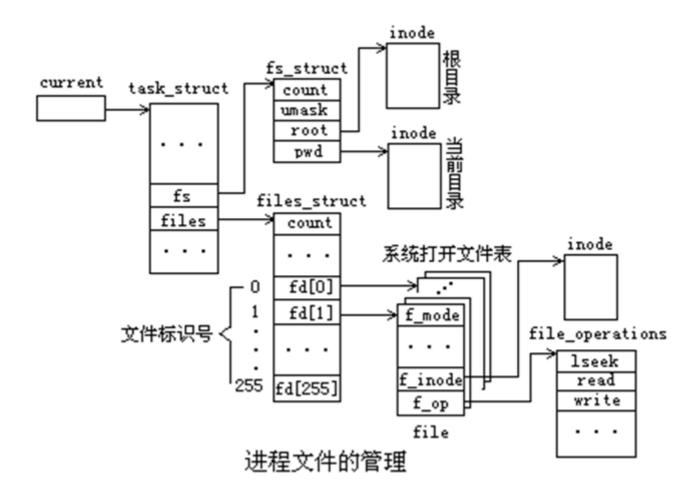


• 进程打开文件表:fd[]

- 。 fd[]每个元素是一个指向file结构体的指针
- 。 进程每打开一个文件时,建立一个file结构体,并加入到系统打开文件表中,然后把该file结构体的 首地址写入fd[]数组的第一个空闲元素中。fd[]数组的下标称为文件标识号。
- 进程使用文件名打开一个文件。 在此之后对文件的识别就不再使用文件名,而直接使用文件标识号。

• 文件共享

- o fork()创建一个子进程后,子进程共享父进程的打开文件表,两者的打开文件表中下标相同的两个元素指向同一个file结构。 这时file的f_count计数值增1。
- 。 一个文件可以被某个进程多次打开,每次都分配一个file结构,并占用该进程打开文件表fd[]的一项,得到一个文件标识号。但它们的**file中的f_inode都指向同一个inode**。



7.8 Linux文件系统(EXT2)

特点:

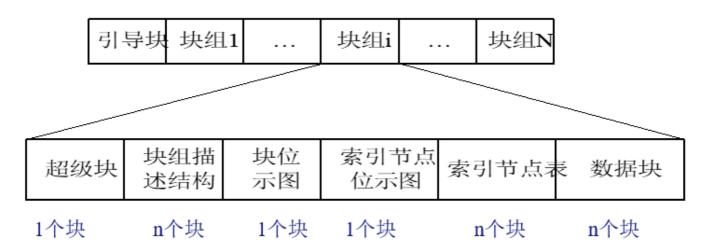
- 。 支持LINUX文件类型: 普通文件、目录文件、特别文件和符号链接
- 。 管理大分区
- 。 支持长文件名
- 。 支持文件系统数据"即时同步"特性
- 。 允许用户定制文件系统数据单元大小

• 物理结构:

- 一个磁盘分区由一组连续的柱面组成。
- 。 传统Unix文件系统
 - 访问文件需要两次磁盘访问:一次读inode,一次读文件
 - 所有inode存放在文件系统的开始位置,其余磁道存放数据块。两次磁盘操作需要花费**较长 寻道时间**。
- Linux改进
 - 将磁盘分区分成**多个柱面组**,每个柱面组有**一或几个连续的柱面**
 - 每个柱面组由超级块、i节点和空闲块表组成
 - 将与i节点相关的文件数据与i节点放在同一柱面内,减少寻道时间。
 - 文件创建时,任选一个i节点,优先在该i节点所在的柱面中分配数据块。

• 磁盘组织

- 。 EXT2把它所占用的磁盘逻辑分区划分为块组,**第一个磁盘块用于引导块**,其余部分被分成块组。
- 。 所有的组大小相同并且顺序存放, 所以由组的序号可以确定组在磁盘上的位置。
- 。 每一个块组依次包括超级块、组描述符表、块位示图、inode位示图、inode表以及数据块。
 - 块位示图:记录本组各个数据块的使用情况;
 - inode位示图:记录inode表中inode的使用情况。
 - inode表:保存了本组所有的inode
 - 数据块:用于存放数据
 - inode用于描述文件。一个inode对应一个文件和子目录,有一个**唯一的inode号**,并记录了文件在外存的位置、存取权限、修改时间、类型等信息。
- o 每个块组重复保存着一些有关整个文件系统的关键信息,**可以提高文件系统的可靠性**
 - 在每个块组中都有一份拷贝,从而当文件系统意外出现崩溃时可以很容易地恢复它。



• 系统引导块

系统引导块总是磁盘上的第一个数据块,只有根文件系统才有引导程序放在这里,其余文件系统都不使用引导块。

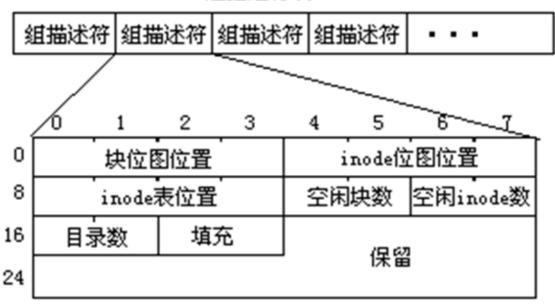
超级块

- 。 每个块组的第一个磁盘块用来保存超级块
- 一般来说只有组0的超级块才被读入内存超级块,其它块组的超级块仅仅作为备份。当组0的拷贝 遭到损坏时,便可根据其他组的拷贝恢复

组描述符

- 每个块组都有一个组描述符,记录了该块组的块位图位置、inode位图位置、inode节点位置、空闲块数、inode数、目录数等内容
- 。 所有的组描述符一个接一个存放, 构成了组描述符表。
- 。 组描述符表在每个块组中都有备份。

组描述符表



EXT2文件系统组描述符

inode表

- 一个块组中所有文件的inode形成了inode表,存储在一组连续的磁盘块中。表项的序号就是inode号。
- 。 在块组中要占用几个逻辑块由超级块中s inodes per group给出。
- 。 第一个磁盘块的块号存储在组描述符中的bq_inode_table数据项中。
- 。 根据磁盘块的大小,可以计算出每个磁盘块能容纳多少个索引结点
- 。 根据索引结点的总个数,可以计算出索引结点表所需要占用的磁盘块的个数。

• inode位图

- 。 反映inode表中各个表项的使用情况,它的一位(bit)表示inode表的一个表项,若某位为1表示对应的表项已占用,为0表示表项空闲。
- o inode位图装入一个高速缓存中。

• 内存inde

。 除了具有盘索引节点的主要信息外, 还增添了反映该文件动态状态的项目

磁盘inode:

文件模式,文件属主信息,文件大小,时间戳,文件链接计数,数据块索引表

块位图

- 。 描述数据块的使用状况
- 。 每个块组都有一个块位图
- o EXT2块位图装入一个高速缓存中,系统采用类似LRU的算法管理高速缓存

• 磁盘组织方式

- 。 数据在磁盘上并不一定连续,需要保存各个,磁盘块号。
- 。 EXT2文件系统采用了多重索引方式。
- i_data[]的**前12项可看成直接指针**,直接存放文件数据所在的磁盘块号。**第13项是个一级指针**,**第 14,15项分别是二级指针和三级指针**。

- EXT2文件系统的不足
 - 。 先写入文件的内容, 空闲时再写入文件的元数据。
 - 元数据:文件的大小、存储位置、权限等等。
 - 。 突然断电, 文件系统就会处于不一致的状态

解决

在分区中保存一个日志记录文件,文件系统写操作首先是对该日志记录文件进行操作,若写操作中断时,下次系统启动时就会读日志记录文件的内容而恢复没有写完的操作,所用时间很短