数据管理

张海宁

贵州大学

hnzhang1@gzu.edu.cn

April 29, 2018

Overview

内存管理

内存管理概述

在所有的计算机系统中，内存都是一种稀缺资源。而且无论有多少内存，似乎总是不够用，这就对内存的管理提出了挑战。
联想一下电脑和手机的内存增长史，应用程序所需要占用的内存也在随着内存容量的增长而增加。

内存分配 I

使用 c 语言标准库中的 malloc 来分配内存

```
#include<stdlib.h>
void *malloc(size_t size);
```

内存分配 II

使用 c 语言标准库中的 malloc 来分配内存

```
#include<stdlib.h>
void *malloc(size_t size);
```

文件锁定

文件锁定

文件锁定是多用户多任务操作系统中一个非常重要的组成部分。如果两个程序同时访问一个文件，一个读一个写，或者都在写，那么非常有可能出现文件内容不一致。Linux 使用文件锁定来解决这个问题。实现文件锁定有两种形式：

1. 创建锁文件
2. 锁定区域

创建锁文件 I

许多应用程序只要能够针对某个资源创建一个锁文件即可，然后其他的程序就可以通过检查这个文件的状态来判断它们自己是否被允许访问这个资源。
为了创建一个用途锁指示器的文件，使用 fcntl.h 头文件中定义的带 O_CREAT 和 O_EXECL 标志的 open 系统调用。这样能保证以一个原子操作同时完成两项工作：确定文件不存在，然后创建它。

O_EXCL error if O_CREAT and the file exists

创建锁文件 II

创建锁文件部分代码

```
int main(){
 int file_desc, save_errno;
  file_desc=open("LCK.test",O_RDWR|O_CREAT|O_EXCL,
     S_IRUSR);
  if(file_desc==-1){
   save_errno=errno;
   printf("Open failed with error code %d.\n",
     save_errno);
  }else{
   printf("Open succeeded.\n");
  }
 exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

创建锁文件 III

执行第10页代码

```
$ ./lock1
Open succeeded.
$ ./lock1
Open failed with error code 17.
```

可以看到，第一次运行程序，会成功打开文件，第二次运行就会打开失败，其实不管再运行几次，都会失败。Why?
关于 errno 的更多信息可以查看第41页。

创建锁文件 IV

临界区：如果某个程序在执行的时候需要独占某个资源进行某操作，这部分操作被称为临界区，程序在进入临界区之前需要创建锁文件，在退出临界区之前需要删除（unlink）锁文件。

临界区代码

```
void writeAfile(){
 FILE *out = fopen("lcktest2","a");
 char st='a', end='z', c;
 for(c=st;c<end;c++){
  fputc(c,out);  fflush(out);
 }
 fputc('\n',out); fclose(out);
 printf("write done.\n");
}
```

创建锁文件 V

普通模式访问代码

```
int main(){
  int file_desc, tries=2;
  while(tries--){
    writeAfile();
  }
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

创建锁文件 VI

使用锁文件方式

```
int main(){
 int file_desc, tries=2;
 while(tries--){
  file_desc=open(lock_file,O_RDWR|O_CREAT|O_EXCL,
    S_IRUSR);
  if(file_desc==-1){
   printf("%d : Lock already present.\n",getpid());
   sleep(3);   tries++;
  }else{
   printf("%d : Got access.\n",getpid());
   writeAfile(); close(file_desc);
   unlink(lock_file); sleep(1);
  } } exit(EXIT_SUCCESS);}
```

创建锁文件 VII

查看结果

普通方式执行程序

```
$./lock2n & ./lock2n
aabbccddeeffgghhiijjkkllmmnnooppqqrrssttuuvvwwxxyy

abcdeafbcdhefgiijklmnopqjrksltmnopqrstuvwxy
uvwxy
```

创建锁文件方式执行程序

```
$./lock2 & ./lock2
abcdefghijklmnopqrstuvwxy
abcdefghijklmnopqrstuvwxy
abcdefghijklmnopqrstuvwxy
abcdefghijklmnopqrstuvwxy
```

创建锁文件 VIII

通过第15页，可以看出，通过创建锁文件的方式，达到了一个程序单独占用某个文件的目的，确保了同一时间段只能有一个程序来独占一个文件进行操作。

锁定区域

创建锁文件的方式会造成对文件的独占式访问，这不适合用来访问大型共享文件。比如一个日志文件，随时都可能会有数据写入，为了让其他程序也能读取这个不会停止写入的文件，需要有一种协调机制来提供对一个文件的同时访问。
文件中的锁定区域可以用来解决这个问题，即文件的一部分被锁定，但其他程序可以访问这个文件的其他部分。这种机制被称为文件段锁定或文件区锁定。

两个系统调用

1. lockf
2. fcntl
   最常用

fcntl

原型

```
#include<fcntl.h>

int fcntl(int fildes, int cmd, ...);
```

fcntl 对一个打开的文件描述符进行操作，并根据 cmd 参数的设置完成不同的任务。其有三个用于文件锁的命令：

1. F_GETLK 获取锁信息。若失败，返回-1。
2. F_SETLK 设置锁。若失败，返回-1。
3. F_SETLKW 设置锁，直到成功。

flock

当使用第18页这些参数的时候，第三个参数必须是一个指向 flock 结构的指针，fcntl 完整的原型应该是：

```
int fcntl(int fildes, int cmd, struct flock *flk)
```

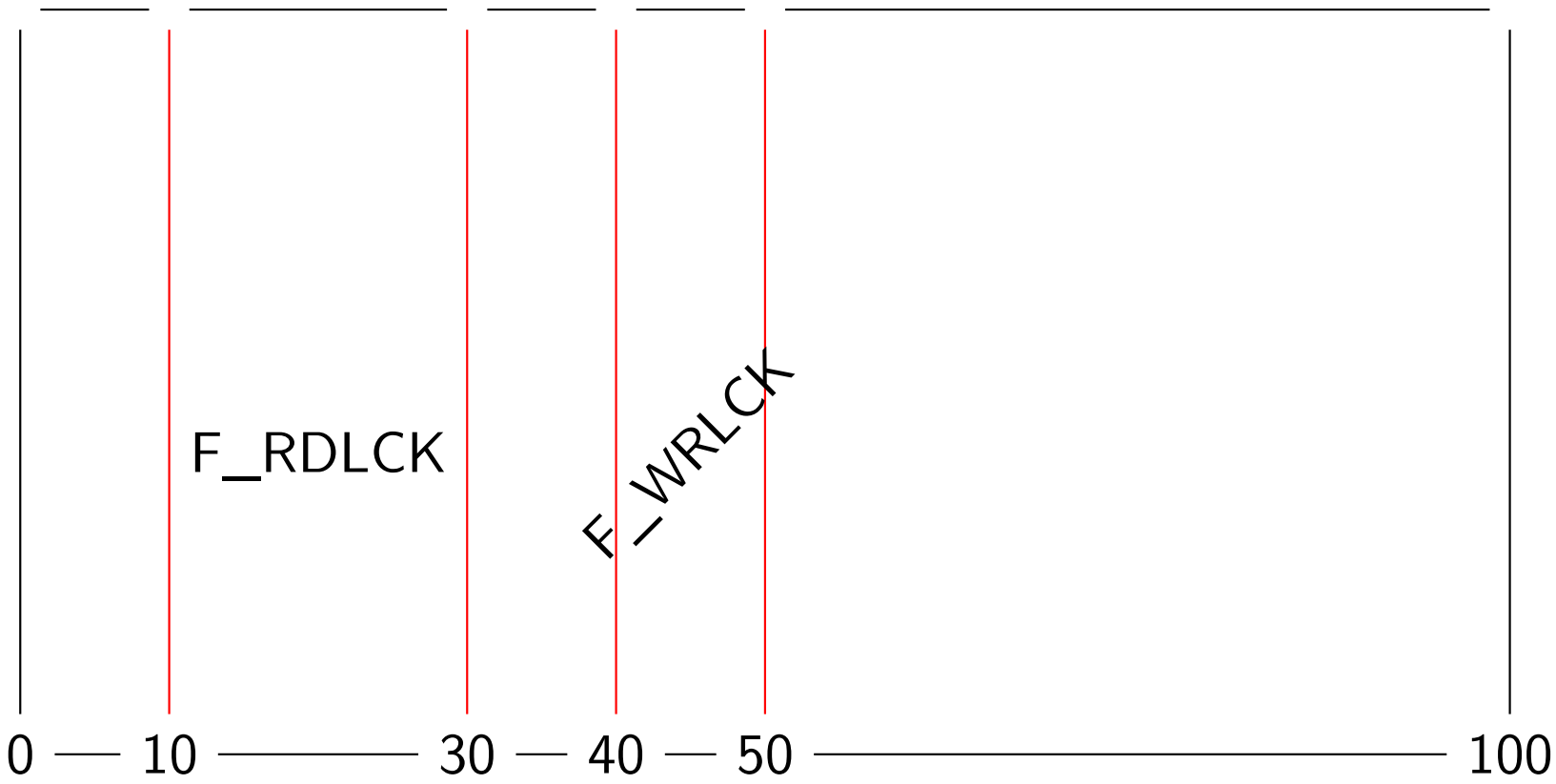
flock(file lock) 结构依赖于具体的实现，但至少包含以下成员：

1. short l_type;
   - F_RDLCK 共享（读）锁。
   - F_UNLCK 解锁。
   - F_WRLCK 独占（写）锁。
2. short l_whence SEEK_SET SEEK_CUR SEEK_END。
3. off_t l_start 相对于 whence 的偏移量（字节）。
4. off_t l_len 字节个数。
5. pid_t l_pid 记录持有锁的进程号。

锁定状态下的读写操作

当对文件的区域加锁之后，访问文件应当使用 read 和 write 调用，不要使用 fread 和 fwrite，因为后者会缓存比要求更多的数据。

使用 fcntl 锁定文件 I



使用 fcntl 锁定文件 II

头文件及声明

```
//lock3.c
#include<unistd.h>
#include<fcntl.h>
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>
const char *test_file="lck3.lock";
int main(){
 int file_desc;
 int byte_count;
 char * byte_to_write="A";
 struct flock region_1;
 struct flock region_2;
 int res;
```

使用 fcntl 锁定文件 III

打开一个文件

```
//open a file discription
 file_desc=open(test_file, O_RDWR | O_CREAT, 0666);
 if(!file_desc){
  fprintf(stderr,"Unable to open %s.\n",test_file);
  exit(EXIT_FAILURE);
 }
//  write some data
 for(byte_count=0;byte_count<100;byte_count++){
  write(file_desc, byte_to_write, 1);
 }
```

使用 fcntl 锁定文件 IV

设置锁信息

```
//set region 1 as read lock
 region_1.l_type = F_RDLCK;
 region_1.l_whence = SEEK_SET;
 region_1.l_start = 10;
 region_1.l_len=20;

//set region 2 as write lock
 region_2.l_type = F_WRLCK;
 region_2.l_whence = SEEK_SET;
 region_2.l_start = 40;
 region_2.l_len=10;
```

使用 fcntl 锁定文件 V

锁定文件

```
//lock file
 printf("Process %d locking file.\n",getpid());
 res = fcntl(file_desc, F_SETLK, &region_1);
 if(res==-1){
  fprintf(stderr,"proc %d failed to lock region 1.\n"
     , getpid());
 }
 res = fcntl(file_desc, F_SETLK, &region_2);
 if(res==-1){
  fprintf(stderr,"proc %d failed to lock region 2.\n"
     , getpid());
 }
```

使用 fcntl 锁定文件 VI

关闭文件

```
//sleep
  sleep(20);
  printf("process %d prepare to close the file.\n"
     , getpid());
  close(file_desc);
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

程序对某个文件拥有的所有锁都将在相应的文件描述符关闭时自动清除。

测试文件上的锁

编写一个 lock4.c 文件，在 lock3.c 的程序在文件 lck3.lock 上设置锁的同时，使用 lock4.c 的程序再加锁，对比结果。

测试文件上的锁 I

头文件及声明

```
//lock4.c
#include<unistd.h>
#include<fcntl.h>
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>
const char *test_file="lck3.lock";
#define SIZE_TO_TRY 5
void show_lock_info(struct flock *to_show);
int main(){
 int file_desc;
 struct flock region_to_test;
 int res;
 int start_byte;
```

测试文件上的锁 II

打开一个文件, 并开始一个循环

```
//open a file discription
 file_desc=open(test_file, O_RDWR | O_CREAT, 0666);
 if(!file_desc){
  fprintf(stderr,"Unable to open %s.\n",test_file);
  exit(EXIT_FAILURE);
 }
 for(start_byte=0;start_byte<99;
   start_byte+=SIZE_TO_TRY){
```

测试文件上的锁 III

设置写锁

```
//set a write lock
 region_to_test.l_type = F_WRLCK;
 region_to_test.l_whence = SEEK_SET;
 region_to_test.l_start = start_byte;
 region_to_test.l_len=SIZE_TO_TRY;
 region_to_test.l_pid=-1;
```

测试文件上的锁 IV

测试写锁

```
//test the write lock can be set or not
 printf("Testing the F_WRLCK on region from %d to %d
  \n",start_byte,start_byte+SIZE_TO_TRY);
 res=fcntl(file_desc,F_GETLK,&region_to_test);
 if(res==-1){
  fprintf(stderr,"F_GETLK(F_WRLCK) failed!\n");
  exit(EXIT_FAILURE);
 }
 if(region_to_test.l_pid!=-1){
  printf("F_WRLCK would fail.F_GETLK returned:\n");
  show_lock_info(&region_to_test);
 }else{
  printf("F_WRLCK - lock would succeed.\n");
 }
```

测试文件上的锁 V

设置读锁

```
//set a read lock
 region_to_test.l_type = F_RDLCK;
 region_to_test.l_whence = SEEK_SET;
 region_to_test.l_start = start_byte;
 region_to_test.l_len=SIZE_TO_TRY;
 region_to_test.l_pid=-1;
```

测试文件上的锁 VI

测试读锁

```
//test the read lock can be set or not
 printf("Testing the F_RDLCK on region from %d to %d
  \n",start_byte,start_byte+SIZE_TO_TRY);
 res=fcntl(file_desc,F_GETLK,&region_to_test);
 if(res==-1){
  fprintf(stderr,"F_GETLK(F_RDLCK) failed!\n");
  exit(EXIT_FAILURE);
 }
 if(region_to_test.l_pid!=-1){
  printf("F_RDLCK would fail.F_GETLK returned:\n");
  show_lock_info(&region_to_test);
 }else{
  printf("F_RDLCK - lock would succeed.\n");
 }
```

测试文件上的锁 VII

关闭文件及函数实现

```
  }
  close(file_desc);
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
void show_lock_info(struct flock *to_show){
  printf("\tl_type %d, ",to_show->l_type);
  printf("l_whence %d, ",to_show->l_whence);
  printf("l_start %d, ",(int)to_show->l_start);
  printf("l_len %d, ",(int)to_show->l_len);
  printf("l_pid %d\n ",to_show->l_pid);
}
```

测试文件上的锁 VIII

先使 lock3 在后台运行，保持对文件的锁定，随即运行 lock4 程序，对同一文件的各部分依次进行加锁测试。

运行 lock3 lock4

```
$ ./lock3 &
$ ./lock4
```

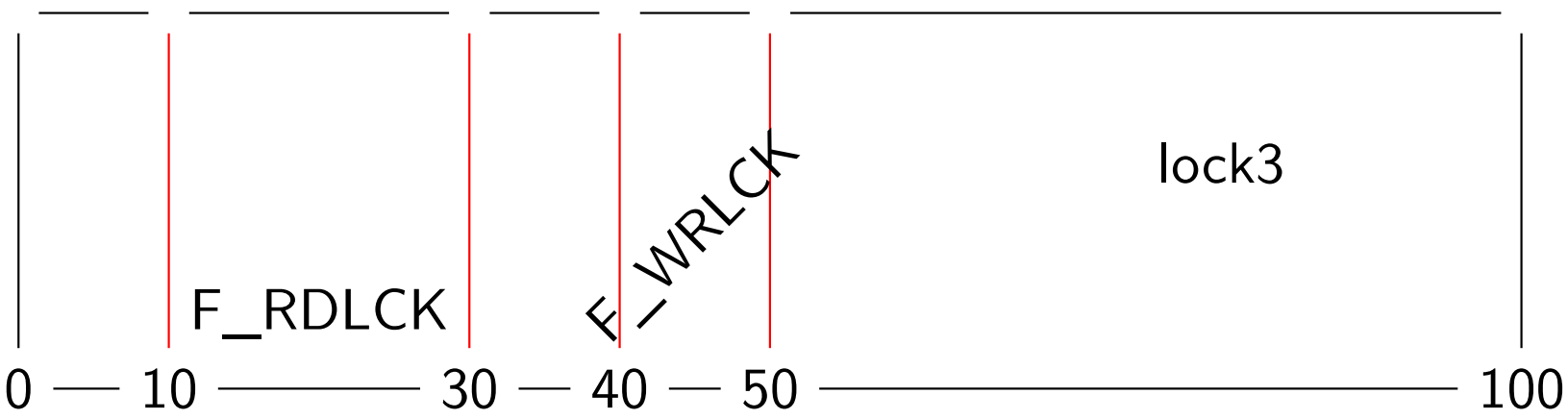
测试文件上的锁 IX

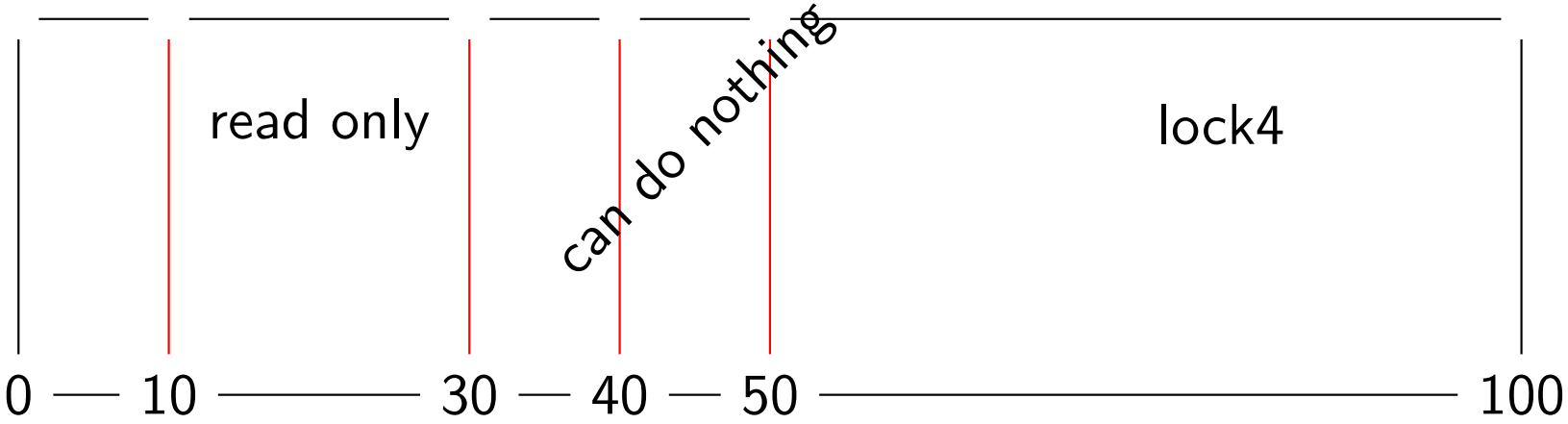
部分程序输出

```
Testing the F_WRLCK on region from 10 to 15
F_WRLCK would fail.F_GETLK returned:
l_type 1, l_whence 0, l_start 10, l_len 20, l_pid 4732
Testing the F_RDLCK on region from 10 to 15
F_RDLCK - lock would succeed.

Testing the F_WRLCK on region from 40 to 45
F_WRLCK would fail.F_GETLK returned:
l_type 3, l_whence 0, l_start 40, l_len 10, l_pid 4732
Testing the F_RDLCK on region from 40 to 45
F_RDLCK would fail.F_GETLK returned:
l_type 3, l_whence 0, l_start 40, l_len 10, l_pid 4732
```

测试文件上的锁 X


lock3
F_RDLCK
F_WRLCK
0
10
30
40
50
100


read only
can do nothing
lock4
0
10
30
40
50
100

数据库

The End

Appendix

errno

关于文件操作相关的错误代码所代表的错误信息可以查看:

```
/usr/include/sys/errno.h

\#define EEXIST          17
/* File exists */
```

本课程相关资源下载

1. ppt
   https://github.com/gmsft/ppt/tree/master/linux
2. 实验指导书
   https://github.com/gmsft/ppt/tree/master/book/linux

about man page

The manual is generally split into eight numbered sections, organized as follows (on Research Unix, BSD, macOS and Linux):

section	description
1	General commands
2	System calls
3	Library function(C standard library)
4	Special files(devices) and drivers
5	File formats and conventions
6	Games and screensavers
7	Miscellanea
8	System administration commands and daemons

Table: man page

在终端中运行 man read 与 man 2 read ， 观察其输出的区别。