Operating System Principle, OS

《操作系统原理实验》

Linux综合版本

华中科技大学网安学院

2023年10月-2024年01月

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 一、实验目的
  - （1）理解进程/线程的概念和应用编程过程；
  - （2）理解进程/线程的同步机制和应用编程；
  - （3）掌握和推广国产操作系统（推荐银河麒麟或优麒麟，建议）
- 二、实验内容
  - 1）在Linux/Windows下创建2个线程A和B，循环输出数据或字符串。
  - 2）在Liunx下创建（fork）一个子进程，实验wait/exit函数
  - 3）在Windows/Linux下，利用线程实现并发画圆画方。
  - 4）在Windows或Linux下利用线程实现“生产者-消费者”同步控制
  - 5）在Linux下利用信号机制(signal)实现进程通信
  - 6）在Windows或Linux下模拟哲学家就餐，提供死锁和非死锁解法。
  - 7）研读Linux内核并用printk调试进程创建和调度策略的相关信息。
- 三、实验要求
  - 2,4,6必做(当堂演示4或6得1分)。7选做(实验总分加1分)。课前预做。

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 1）在Linux/Windows下创建2个线程A和B，循环输出数据或字符串。
    - ◆提示1：使用pthread线程库或CreateThread函数
    - ◆提示2：线程A递增输出1-1000；线程B递减输出1000-1。为避免输出太快，每隔0.2秒（可自行调节）输出一个数。
    - ◆提示3：输出数据时，同时输出”A”或”B”标示是哪个线程输出的，并注意格式化输出信息。例如：

A:1000

A:0999

B:0001

A:0998

B:0002

……

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 2）在Liunx下创建（fork）一个子进程，实验wait/exit函数，理解父子进程的并发过程
    - ◆设计1个或2个程序，实现下面的效果（不一定同时实现），也不一定每个程序都要调用wait或/和exit。
    - ◆效果1：父进程不用wait函数，让父进程先于子进程结束，子进程进入死循环或较长时间的循环，观察父子进程的进程ID和父进程ID。
      - □程序中printf各进程的进程号和父进程号。注意，父进程和子进程的输出请给出相应的提示字符串以便相互区分，后同
      - □同时，用ps命令显示进程列表，观察指定进程的进程ID和父进程ID，和printf输出的这些ID是否一致，并解释。
    - ◆效果2：父进程用wait函数。子进程休眠5秒，父进程不休眠。子进程用exit返回参数。父进程中printf子进程返回的参数。

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 3）在Windows/Linux下，利用线程实现并发画圆画方。
    - ◆提示1：圆心，半径，颜色，正方形中心，边长，颜色自己确定。
    - ◆提示2：圆和正方形边界建议都取720个点。为直观展示绘制过程，每个点绘制后睡眠0.2秒~0.5秒。
    - ◆提示3：建议使用VS和MFC或QT对话框类型程序来绘制窗口和图形。

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 4）在Windows或Linux下利用线程实现“生产者-消费者”同步控制
    - ◆提示1：使用数组（10个元素）代替缓冲区。2个输入线程产生产品（随机数）存到数组中；3个输出线程从数组中取数输出。
    - ◆提示2： Windows使用临界区对象和信号量对象，主要函数 EnterCriticalSection | LeaveCriticalSection |WaitForSingleObject | ReleaseSemaphore
    - ◆提示3：Linux使用互斥锁对象和轻量级信号量对象，主要函数：sem_wait( )，sem_post( )，pthread_mutex_lock( )，pthread_mutex_unlock( )
    - ◆提示4：生产者1的数据：1000-1999 (每个数据随机间隔100ms-1s)，生产者2的数据：2000-2999 (每个数据随机间隔100ms-1s)
    - ◆提示5：消费者每休眠100ms-1s的随机时间消费一个数据。
    - ◆提示6：屏幕打印（或日志文件记录）每个数据的生产和消费记录。

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 5）在Linux下利用信号机制(signal)实现进程通信
    - ◆提示1：父进程创建(fork)子进程，并让子进程进入死循环。
    - ◆提示2：子进程每隔2秒输出”I am Child Process, alive !\n”
    - ◆提示3：父进程询问用户”To terminate Child Process. Yes or No? \n”
      要求用户从键盘回答Y或N.若用户回答N，延迟2秒后再提问.
    - ◆提示4：若用户回答Y，向子进程发送用户信号，让子进程结束。
    - ◆提示5：子进程结束之前打印字符串：”Bye,Wolrd !\n”
    - ◆提示6：函数：kill( )，signal( )，利用用户信号，编写信号处理函数

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 6）在Windows或Linux下模拟哲学家就餐，提供死锁和非死锁解法。
    - ◆提示1：同时提供提供可能会带来死锁的解法和不可能死锁的解法。
    - ◆提示2：可能会带来死锁的解法参见课件。Windows尝试使用临界区对象（EnterCriticalSection，LeaveCriticalSection）；Linux尝试使用互斥锁(pthread_mutex_lock, pthread_mutex_unlock)
    - ◆提示3：完全不可能产生死锁的解法，例如：尝试拿取两只筷子，两只都能拿则拿，否则都不拿。
      - □Windows 尝试WaitForMultipleObjects, WaitForSingleObject和互斥量对象ReleaseMutex等相关函数
      - □Linux尝试互斥锁pthread_mutex_lock，pthread_mutex_trylock等函数。
    - ◆提示4：为增强随机性，各状态间维持100ms-500ms内的随机时长。
    - ◆提示5：[可选]图形界面显示哲学家取筷，吃饭，放筷，思考等状态。

实验二：第4章进程管理，第5章死锁，第6章进程调度

- 四、实验指南
  - 7）研读Linux内核并用printk调试进程创建和调度策略的相关信息。
  - 要求：编写应用程序Hello.c，调用fork创建进程，在内核中跟踪该新建子进程的fork过程和显示与调度策略相关的PCB成员变量。
  - 提示1：编写应用程序Hello.c，在其中调用fork创建子进程(功能不限)，打印出父子进程的ID号；
  - 提示2：在内核中合适的位置（譬如do_fork函数内的某处）用printk输出“当前正创建的进程对应cmd，进程ID和父进程ID”等调试信息。
  - 提示3：为避免do_fork函数频繁地输出上述调试信息，须限定仅在Hello程序中调用fork时才输出上述调试信息，请思考要如何实现。
    - ◆参考方法：内核设计全局变量bool flag和系统调用SetDebug(bool)，SetDebug可以修改flag的值为true或false。在Hello程序中的调用fork函数前后，分别调用SetDebug(true)和SetDebug(false)修改flag。在printk调试信息时检查flag以确定是否要使用printk输出调试信息

线程-互斥锁-信号量

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include <string>
4
5  #include <pthread.h>
6  #include <semaphore.h>
7
8  using namespace std;
9
10 #define BUFFER_LENGHT 32  //队列长度
11 int iBuffer[ BUFFER_LENGHT ];
12 //互斥锁
13 pthread_mutex_t mutexBuffer = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
14 //信号量
15 sem_t semFull;  //信号量: 数据的个数
16 sem_t semEmpty; //信号量: 空槽的个数
17
18 int nBufferWritePos = 0; //队尾
19 int nBufferReadPos = 0;  //队头
20
```

线程-互斥锁-信号量

```
21  void* threadProducer(void* arg)
22  {
23      while(true)
24      {
25          sem_wait(&semEmpty);//若空槽个数低于0阻塞
26          pthread_mutex_lock(&mutexBuffer);
27
28          //准备数据
29          srand(time(0));
30          int iRand = rand(  ) / 1000 ;
31
32          //写入缓冲区(写入位置: nBufferWritePos)
33          iBuffer[nBufferWritePos] = iRand;
34          //更新写入位置: nBufferWritePos
35          nBufferWritePos = (nBufferWritePos + 1) % BUFFER_LENGHT;
36
37          pthread_mutex_unlock(&mutexBuffer);
38          sem_post(&semFull);
39      }
40      return (void*)0;
41  }
```

线程-互斥锁-信号量

```
43  void* threadConsumer(void* TaskParam)
44  {
45      while(true)
46      {
47          //printf("consumer is preparing data\n");
48          sem_wait(&semFull);//若填充个数低于0阻塞
49          pthread_mutex_lock(&mutexBuffer);
50          //读出数据(位置: nBufferReadPos)
51          printf("iBuffer[%5d] = %d\n", nBufferReadPos,
52                  iBuffer[nBufferReadPos] );
53          //更新读出位置: nBufferReadPos
54          nBufferReadPos = (nBufferReadPos+1) % BUFFER_LENGHT;
55
56          pthread_mutex_unlock(&mutexBuffer);
57          sem_post(&semEmpty);
58      }
59
60      return (void*)0;
61  }
```

```
63  int main(int argc, char *argv[])
64  {
65      sem_init(&semFull,  0, 0 );
66      sem_init(&semEmpty, 0, BUFFER_LENGHT );
67
68      pthread_t threadHandleProducer[2];
69      pthread_t threadHandleConsumer[3];
70
71      int nErrThread = 0;
72
73      nErrThread = pthread_create(&threadHandleProducer[0], NULL, threadProducer, NULL);
74      nErrThread = pthread_create(&threadHandleProducer[1], NULL, threadProducer, NULL);
75
76      nErrThread = pthread_create(&threadHandleConsumer[0], NULL, threadConsumer, NULL);
77      nErrThread = pthread_create(&threadHandleConsumer[1], NULL, threadConsumer, NULL);
78      nErrThread = pthread_create(&threadHandleConsumer[2], NULL, threadConsumer, NULL);
79
80      int nThreadNo = 0;
81
82      for( nThreadNo = 0;nThreadNo < 3; nThreadNo++ )
83      {
84          pthread_join(threadHandleConsumer[nThreadNo], NULL);
85      }
86
87      for( nThreadNo = 0;nThreadNo < 2; nThreadNo++ )
88      {
89          pthread_join(threadHandleProducer[nThreadNo], NULL);
90      }
91      return 0;
92  }
```

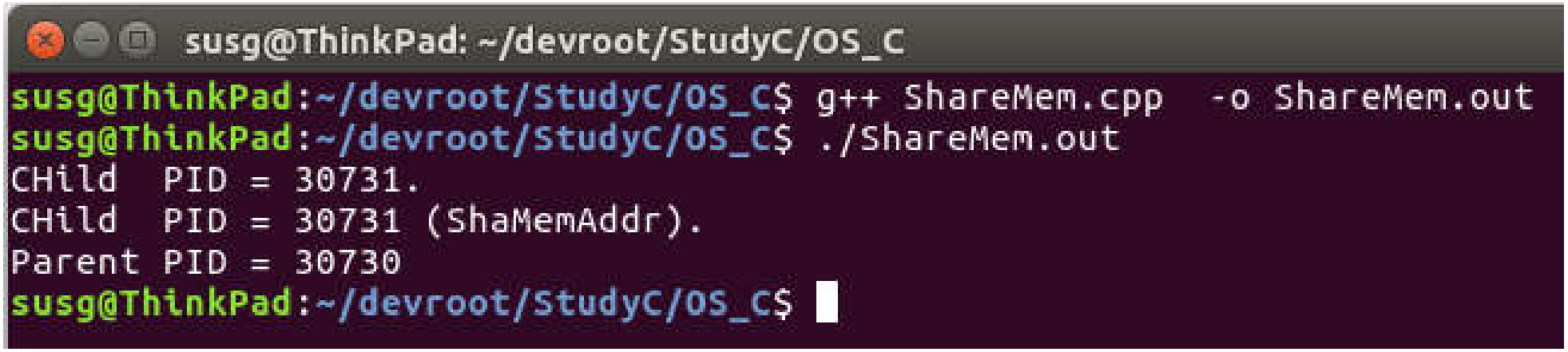
线程-互斥锁-信号量

```
susg@ThinkPad: ~/devroot/StudyC/OS_C
susg@ThinkPad:~/devroot/StudyC/OS_C$ g++ -o ThreadSemLock.out ThreadSemLock.cpp
/tmp/cc7Bvgk3.o: In function `threadProducer(void*)':
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x12): undefined reference to `sem_wait'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x92): undefined reference to `sem_post'
/tmp/cc7Bvgk3.o: In function `threadConsumer(void*)':
ThreadSemLock.cpp:(.text+0xad): undefined reference to `sem_wait'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x111): undefined reference to `sem_post'
/tmp/cc7Bvgk3.o: In function `main':
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x145): undefined reference to `sem_init'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x159): undefined reference to `sem_init'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x17b): undefined reference to `pthread_create'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x19d): undefined reference to `pthread_create'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x1bb): undefined reference to `pthread_create'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x1dd): undefined reference to `pthread_create'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x1ff): undefined reference to `pthread_create'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x24e): undefined reference to `pthread_join'
ThreadSemLock.cpp:(.text+0x278): undefined reference to `pthread_join'
collect2: error: ld returned 1 exit status
susg@ThinkPad:~/devroot/StudyC/OS_C$ g++ -o ThreadSemLock.out ThreadSemLock.cpp -lpthread
susg@ThinkPad:~/devroot/StudyC/OS_C$
```

共享内存

```c
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/shm.h>
#define SIZE 4
int main( )
{
    int ShaMemID ;
    int *ShaMemAddr ;
    int pid ;
    ShaMemID = shmget(IPC_PRIVATE, SIZE, IPC_CREAT|0600 ) ;
    pid = fork( ) ;
    if ( pid == 0 )
    {
        printf("CHild  PID = %d.\n", getpid()) ;
        ShaMemAddr = (int *)shmat( ShaMemID, NULL, 0 ) ;
        (*ShaMemAddr) = getpid();
        shmdt( ShaMemAddr ) ;
        return  0;
    }
    else if ( pid > 0)
    {
        sleep(3 ) ;
        ShaMemAddr = (int *) shmat(ShaMemID, NULL, 0 ) ;
        printf("CHild  PID = %d (ShaMemAddr).\n", *ShaMemAddr) ;
        printf("Parent PID = %d\n", getpid()) ;
        shmdt( ShaMemAddr ) ;
        shmctl(ShaMemID, IPC_RMID, NULL) ;
    }
    return 0 ;
}
```

共享内存


susg@ThinkPad: ~/devroot/StudyC/OS_C
susg@ThinkPad:~/devroot/StudyC/OS_C$ g++ ShareMem.cpp -o ShareMem.out
susg@ThinkPad:~/devroot/StudyC/OS_C$ ./ShareMem.out
CHild PID = 30731.
CHild PID = 30731 (ShaMemAddr).
Parent PID = 30730
susg@ThinkPad:~/devroot/StudyC/OS_C$

信号机制：父进程发信号KILL子进程

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <signal.h>
#include <unistd.h>
#include <wait.h>

void handler(int arg)
{
    printf("Bye, World!\n");
    exit(0);
}

```

信号机制：父进程发信号KILL子进程

- 子进程把PID如何给父进程
  - PS查看子进程PID，父进程运行时输入子进程PID
  - 子进程自打印出PID，父进程运行时输入子进程PID
  - 共享内存

```
14  int main(int argc, const char *argv[])
15  {
16
17      pid_t pid;
18      pid = fork();
19      if(pid == 0) //子进程
20      {
21          //注册信号回调函数，当信号发生会调用handler
22          signal(SIGUSR1,handler);
23          while(true)
24          {
25              printf("Child Process Alive! PID = %d.\n",getpid( ));
26              sleep(2);
27          }
28      }
```

信号机制：父进程发信号KILL子进程

```
 8  void handler(int arg)
 9  {
10      printf("Bye, World!\n");
11      exit(0);
12  }
13
14  int main(int argc, const char *argv[])
15  {
16
17      pid_t pid;
18      pid = fork();
19      if(pid == 0) //子进程
20      {
21          //注册信号回调函数，当信号发生会调用handler
22          signal(SIGUSR1,handler);
23          while(true)
24          {
25              printf("Child Process Alive! PID = %d.\n",getpid( ));
26              sleep(2);
27          }
28      }
```

信号机制：父进程发信号KILL子进程

```
28      else if (pid > 0)   //父进程
29      {
30          char input;
31          int ChildPID;
32
33          sleep(4);
34
35          printf("PLease Input Child Process PID:");
36          scanf("%d", &ChildPID);
37
38          while(true)
39          {
40              sleep(5);  //睡 2 秒
41              printf("To Terminate Child Process %d, Yes or No: \n",ChildPID);
42              scanf("%c", &input);
43              if((input == 'Y') || (input == 'y'))
44              {
45                  kill(ChildPID,SIGUSR1);
46                  wait(NULL); //等待回收子进程的资源
47                  break;
48              }
49          }
50      }
51      return 0;
52  }
```