

操作系统 Operating Systems

L5. 系统调用的实现

System Call?

授课教师：李治军

lizhijun_os@hit.edu.cn
综合楼404室

系统调用的直观实现 问题+直观想法...

■ 实现一个whoami系统调用

- 用户程序调用whoami，一个字符串“lizhijun”放在操作系统中(系统引导时载入)，取出来打印
- 不能随意的调用数据，不能随意的jmp。
- 可以看到root密码，可以修改它...
- 可以通过显存看到别人word里的内容...

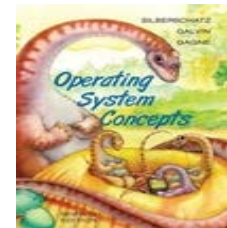
```
main()
{ whoami(); }
```

用户程序

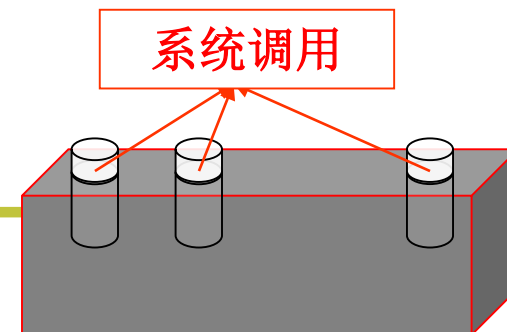
```
whoami()
{
    printf(100, 8);
}
```

都在内存中，这内存不都是我买的吗...

100: “lizhijun”

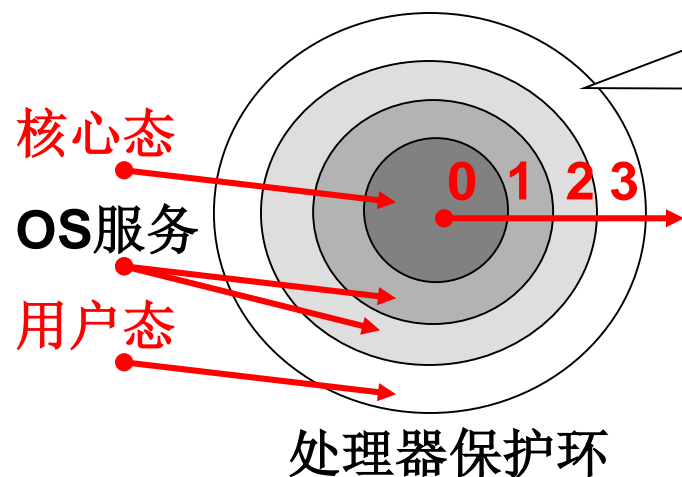


内核(用户)态, 内核(用户)段



■ 将内核程序和用户程序隔离!!!

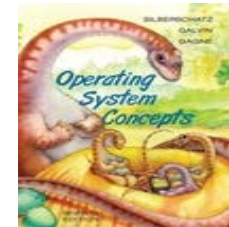
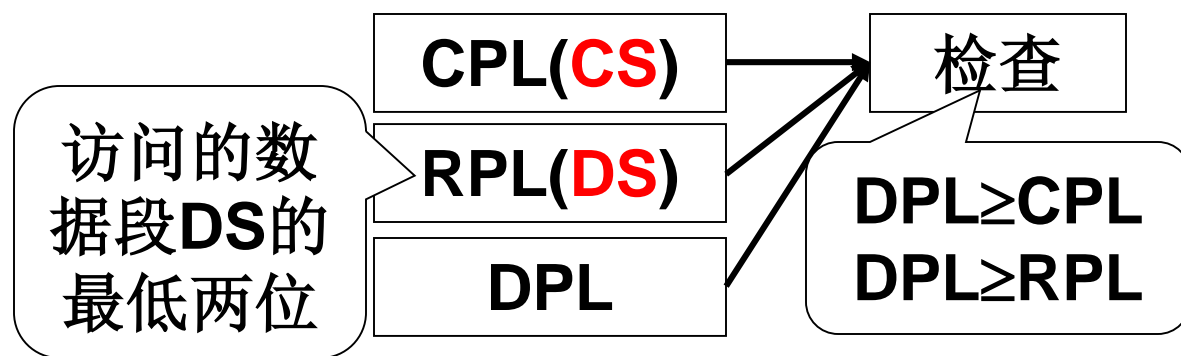
- 区分内核态和用户态: 一种处理器“硬件设计”



当前程序执行在什么态(哪层环)? 由于**CS:IP**是当前指令, 所以用**CS**的最低两位来表示: **0**是内核态, **3**是用户态

- 内核态可以访问任何数据, 用户态不能访问内核数据

- 对于指令跳转也一样实现了隔离...



硬件提供了“主动进入内核的方法”

■ 对于Intel x86，那就是中断指令int

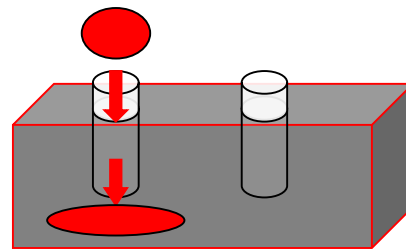
- **int**指令将使**CS**中的**CPL**改成**0**，“进入内核”
- 这是用户程序发起的调用内核代码的唯一方式

此时，**CPL=3**而
DPL=0

■ 系统调用的核心：

由谁做？库函数！

- (1) 用户程序中包含一段包含**int**指令的代码
- (2) 操作系统写中断处理，获取想调程序的编号
- (3) 操作系统根据编号执行相应代码



系统调用的实现

应用程序

调用printf(...)

C函数库

库函数printf(...)

库函数write(...)

OS内核

系统调用write(...)

■ 最终展开成包含int指令的代码...

```
#include <unistd.h>      在linux/lib/write.c中
_syscall3(int, write, int, fd, const char
*buf, off_t, count)
```

```
#define _syscall3(type, name, ...) type
name(...) \                在linux/include/unistd.h中
{ __asm__ ("int 0x80" : "=a"(__res)...)
```



Linux系统调用的实现细节!



将关于write的故事完整的讲完...

`__syscall3`表示有3个参数

在linux/include/unistd.h中

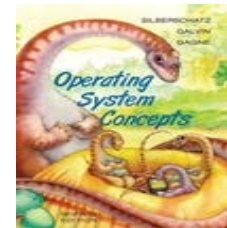
```
#define __syscall3(type,name,atype,a,btype,b,ctype,c) \
type name(atype a, btype b, ctype c) \
{ long __res; \
    __asm__ volatile("int 0x80":"=a"(__res):""(__NR_##name), \
    "b"((long)(a)), "c"((long)(b)), "d"((long)(c))); if(__res>=0) return \
    (type)__res; errno=-__res; return -1;}
```

- 显然，`__NR_write`是系统调用号，放在**eax**中

在linux/include/unistd.h中

```
#define __NR_write 4 //一堆连续正整数(数组下标, \
函数表索引)
```

- 同时**eax**也存放返回值，**ebx**，**ecx**，**edx**存放3个参数



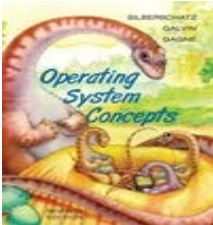
int 0x80中断的处理

```
void sched_init(void)
{ set_system_gate(0x80,&system_call); }
```

■ 显然，set_system_gate用来设置0x80的中断处理

```
在linux/include/asm/system.h中
#define set_system_gate(n, addr) \
    _set_gate(&idt[n],15,3,addr); //idt是中断向量表基址
#define _set_gate(gate_addr, type, dpl, addr)\
    __asm__( "movw %%dx,%%ax\n\t" "movw %0,%%dx\n\t"\
    "movl %%eax,%1\n\t" "movl %%edx,%2":\
    : "i"((short)(0x8000+(dpl<<13)+type<<8))), "o"(*( \
    char*)(gate_addr))), "o"(*(4+(char*)(gate_addr))), \
    "d"((char*)(addr)), "a"(0x00080000))
```

4	处理函数入口点偏移	P	DPL	01110	
0	段选择符	处理函数入口点偏移			



中断处理程序: `system_call`

在`linux/kernel/system_call.s`中

```
nr_system_calls=72
```

```
.globl _system_call
```

```
_system_call:  cmpl $nr_system_calls-1,%eax
```

`eax`中存放的是系统调用号

```
    ja bad_sys_call
```

```
    push %ds    push %es    push %fs
```

```
__asm__ volatile("int 0x80":"=a"(__res))
```

```
    pushl %edx  pushl %ecx  pushl %ebx  //调用的参数
```

```
    movl $0x10,%edx  mov %dx,%ds  mov %dx,%es  //内核数据
```

```
    movl $0x17,%edx  mov %dx,%fs  //fs可以找到用户数据
```

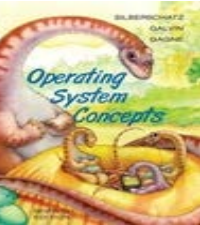
```
    call __sys_call_table(,%eax,4) //a(,%eax,4)=a+4*eax
```

```
    pushl %eax //返回值压栈, 留着ret_from_sys_call时用
```

```
    ... //其他代码
```

```
ret_from_sys_call:  popl %eax, 其他pop,  iret
```

■ `__sys_call_table+4*%eax`就是相应系统调用处理函数入口



__sys_call_table

在include/linux/sys.h中

```
fn_ptr sys_call_table[] =  
{sys_setup, sys_exit, sys_fork, sys_read, sys_write,  
...};
```

sys_call_table是一个全局函数数组

sys_write对应的数组下标为4, __NR_write=4

在include/linux/sched.h中

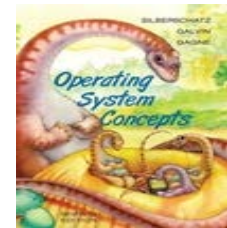
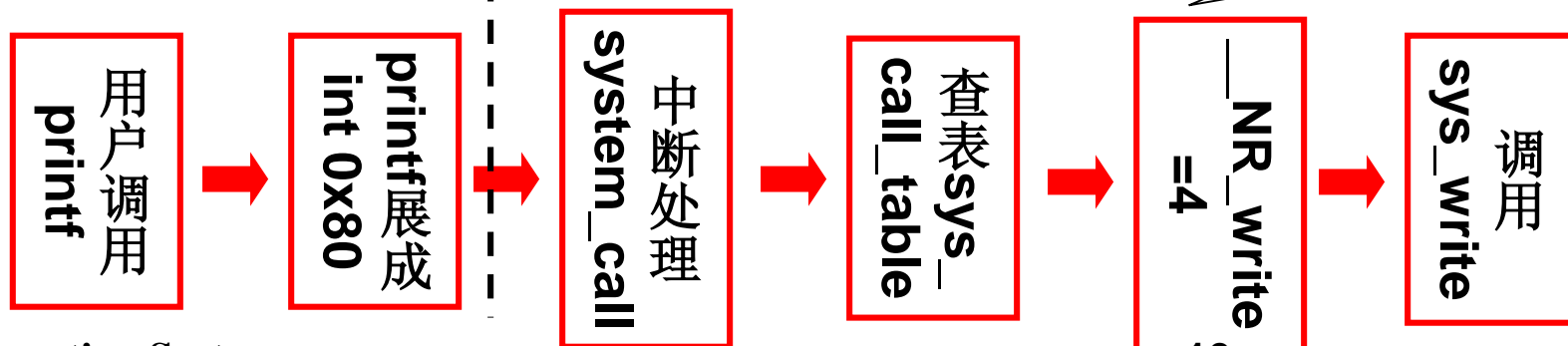
```
typedef int (fn_ptr*)();
```

■ call __sys_call_table(,%eax,4)就是call sys_write

eax=4, 函数入口地址长度也为4

用户态 | 内核态

故事结束!



100:

```
main()
{ whoami();}
```

```
whoami()
{
    printf(100, 8);
}
```

“lizhijun”



```
main()
{  eax = 72;
  int 0x80; }
```

```
_system_call:
    call sys_whoami
    //sys_call_table
    +  eax*4
```

```
sys_whoami()
{
    printk(100, 8);
}
```

100:

“lizhijun”

