浙江大学

本科实验报告

课程名称：	操作系统
姓　　名：	董佳鑫
学　　院：	计算机学院
系：	计算机系
专　　业：	计算机科学与技术
学　　号：	3210102181
指导教师：	寿黎但

Lab 5：RV64 缺页异常处理

实验目的

1. 通过 vm_area_struct 数据结构实现对 task 多区域虚拟内存的管理。
2. 在 Lab4 实现用户态程序的基础上，添加缺页异常处理 Page Fault Handler。

实验过程和操作步骤

1. 实现 VMA

阅读文档以后，实现 find_vma 和 do_mmap 两个函数，这两个函数的实现较为直观。

```
void do_mmap(struct task_struct * _task, uint64_t addr, uint64_t length, uint64_t flags,
    uint64_t vm_content_offset_in_file, uint64_t vm_content_size_in_file){
     _task->vma_cnt++;
     struct vm_area_struct *new_vma = &_task->vmas[_task->vma_cnt - 1];
     new_vma->vm_start = addr;
     new_vma->vm_end = addr + length;
     new_vma->vm_flags = flags;
     new_vma->vm_content_offset_in_file = vm_content_offset_in_file;
     new_vma->vm_content_size_in_file = vm_content_size_in_file;
}

struct vm_area_struct *find_vma(struct task_struct *_task, uint64_t addr){
    uint64_t i = 0;
    for(i = 0;i < _task->vma_cnt;i++){
      if(_task->vmas[i].vm_start <= addr && addr < _task->vmas[i].vm_end)
       return &(_task->vmas[i]);
    }
   return NULL;
}
```

2. 修改 PAGE FAULT HANDLER

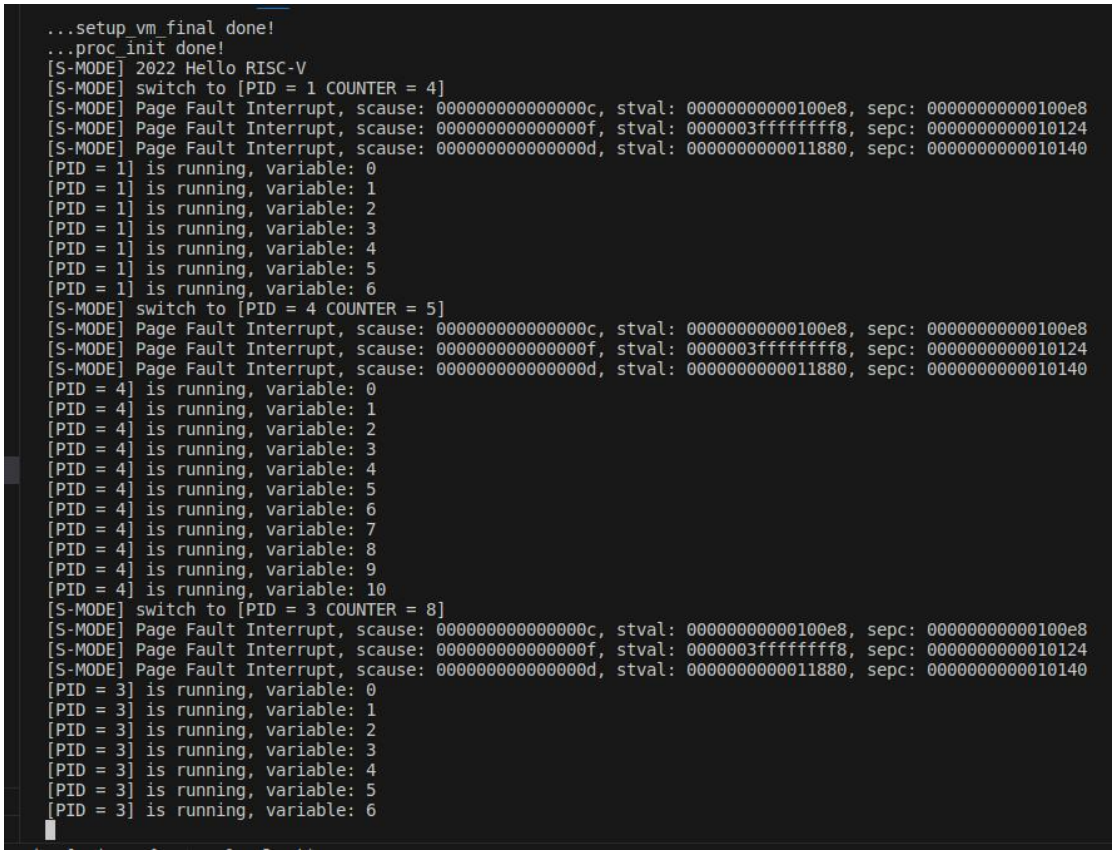
本次实验需要添加新的异常处理：page fault。对应的 scause 有三个值。因此在 trap_handler 中要添加对这三种异常的捕获，并在捕获后调用 do_page_fault 函数，处理缺页异常。

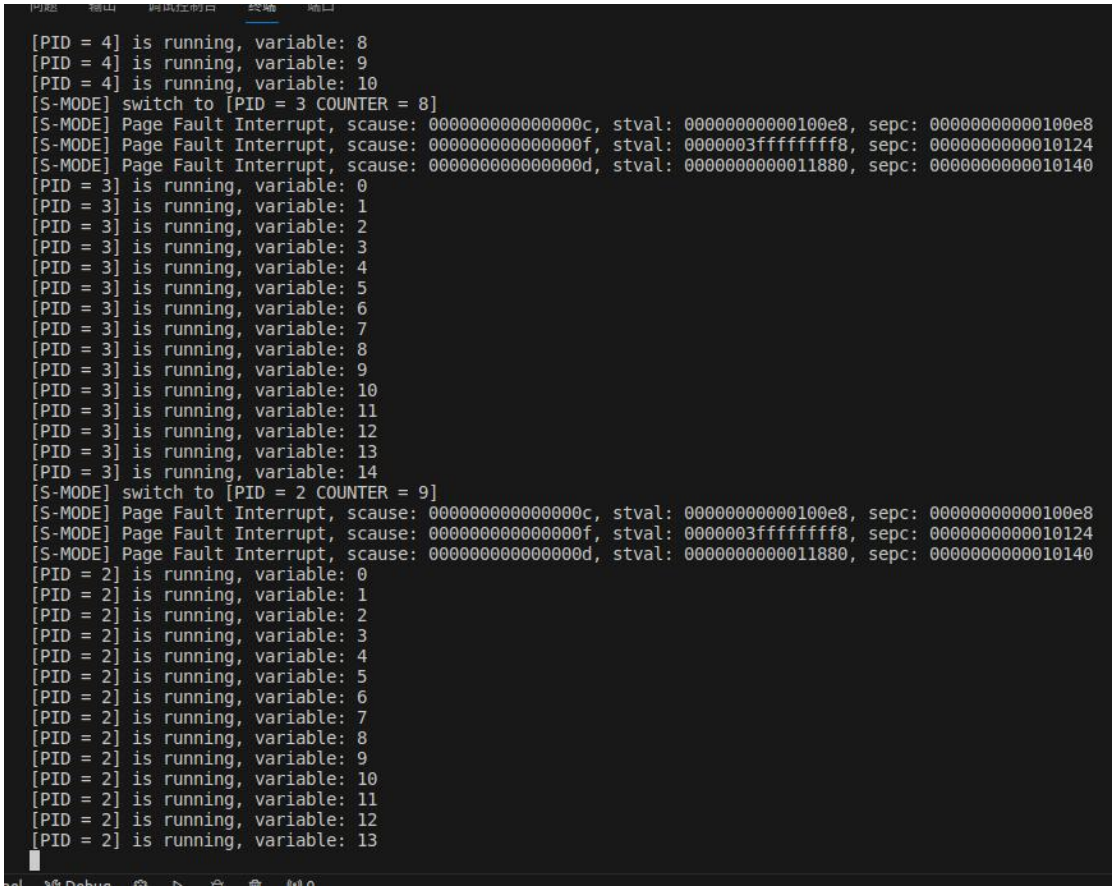
具体缺页异常处理如图。

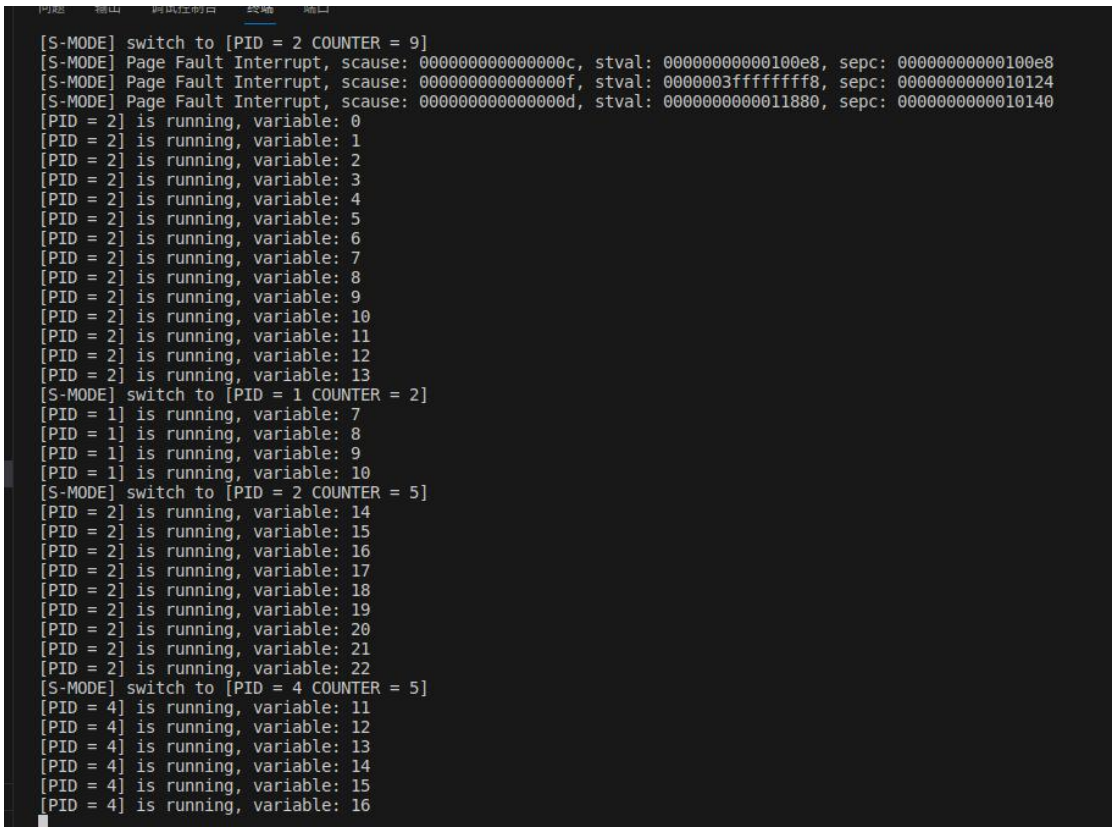
```
uint64 bad_addr = regs->stval;
struct vm_area_struct *vma = find_vma(current,bad_addr);
if(vma != NULL){
    uint64 new_addr = kalloc();
    unsigned long* pgtbl = (((unsigned long)current->pgd & 0xfffffffffff) << 12) + PA2VA_OFFSET;
    create_mapping_sub(pgtbl,bad_addr,new_addr-PA2VA_OFFSET,PGSIZE,(vma->vm_flags & (~(uint64_t)VM_ANONYM)) | 0x11);
    if( !(vma->vm_flags & VM_ANONYM) ){
        uint64 src_addr = (uint64)(_sramdisk) + vma->vm_content_offset_in_file;
        uint64 offset = (uint64)(bad_addr) - PGROUNDDOWN(bad_addr);
        uint64 sz = (vma->vm_start + vma->vm_content_size_in_file > bad_addr) ? PGSIZE - offset : 0;
        memcpy(new_addr+offset,src_addr,sz);
    }
}
```

首先查找出现缺页异常的地址有没有被记录到 VMA 中，如果有，就要对 bad_addr 所在页建立映射。并且如果该区域不是匿名区域，还应该拷贝文件的内容。这里要注意在拷贝的时候，由于 bad_addr 可能会落在未初始化的区域，这块区域并没有占用文件大小，也就是 vm_content_offset_in_file。因此如果 bad_addr 超过了 vm_content_offset_in_file 的范围，则不应该拷贝那些未初始化的值，而应该直接默认使用 0 值。

完成上述代码后，运行程序，可以看到，在处理了缺页异常后，程序最终找到了指令所在地址，程序正确运行。







思考题

1. uint64_t vm_content_size_in_file; 对应的文件内容的长度。为什么还需要这个域?

由于在内存中的长度往往会大于在内存中的长度，因为存在一些未初始化的变量不占用文件空间。我们的[vma_start,vma_end)的范围可能会大于 vm_content_size_in_file，这就导致我们的 bad_addr 可能会落在未初始化区域，而这部分区域在 demand paging 中是不需要拷贝的，因此我们需要使用 vm_content_size_in_file 来决定是否对刚映射的一个 page 进行拷贝文件内容。

2.struct vm_area_struct vmas[0]; 为什么可以开大小为 0 的数组? 这个定义可以和前面的 vma_cnt 换个位置吗?

大小为 0 的数组是可变数组。这样处理的好处是不会占用更多的内存空间，只有当需要的时候才动态申请内存空间（使用 kalloc()函数），并且比链表实现更为方便。不可以和 vma_cnt 换位置,它必须处在结构体的末尾，才能动态决定结构体的 size 以节省空间。

讨论心得

本次实验的难度相比前两个有了很大的降低，基本没有遇到太多问题。唯一需要注意的就是 do_page_fault 函数的实现，需要理清各种细节。关键点就是在对新的页建立映射后是否要进行内容拷贝，bad_addr 如果没有超过

vm_content_size_in_file 的范围则正常拷贝，否则不进行拷贝。对于文件中的大小和内存中的大小的区别一定要掌握清楚。另外一个值得关注的地方就是在建立映射或者 do_mmap 的时候，权限设置要谨慎，由于权限不正确而导致缺页异常处理失败的错误也非常致命。