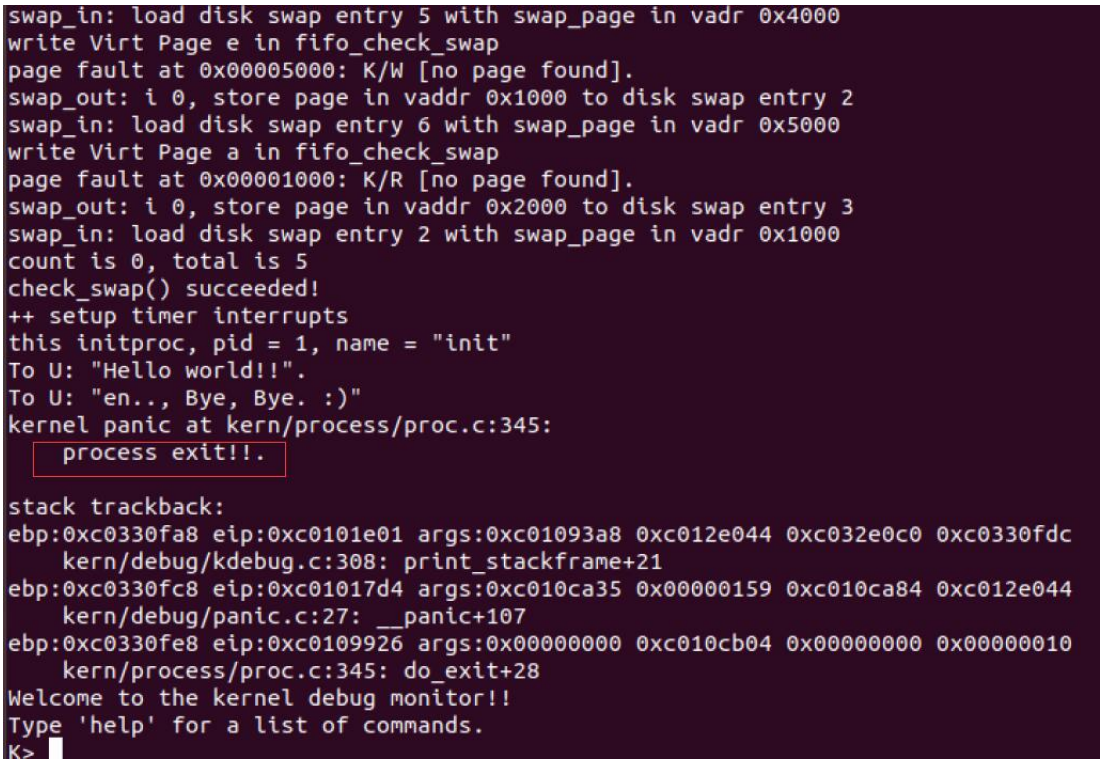
ucoreOS操作系统实验——Lab4

问题发现与改进

- 这次像lab3一样的打patch出现了问题，然后使用git提交版本号打也出现了小的问题，然后通过labcodes_answer打patch就成功了。。并不知道为什么，可能answer的patch和Makefile就是对的吧_(:3」∠)_不过反正这个代码是为了make grade通过，所以不是我以前写了一大堆注释的不简洁的代码肯定更好
- 第一次运行 `make qemu` 以后得到了理想的输出，但是和示例输出不一样的是，我多了中断的堆栈信息




```
++ setup timer interrupts
this initproc, pid = 1, name = "init"
To U: "Hello world!!".
To U: "en.., Bye, Bye. :)"
kernel panic at kern/process/proc.c:316:
process exit!!.

Welcome to the kernel debug monitor!!
Type 'help' for a list of commands.
K>
```

然后尝试了一下 `make grade` 发现只有90分，显示是少了check_slab的部分

但是我明明就有

```
  memory: 00010000, [000f0000, 000fffff], type = 2.
  memory: 07ee0000, [00100000, 07fdffff], type = 1.
  memory: 00020000, [07fe0000, 07ffffff], type = 2.
  memory: 00040000, [fffc0000, ffffffff], type = 2.
check_alloc_page() succeeded!
check_pgdir() succeeded!
check_boot_pgdir() succeeded!
-------------------- BEGIN --------------------
PDE(0e0) c0000000-f8000000 38000000 urw
  |-- PTE(38000) c0000000-f8000000 38000000 -rw
PDE(001) fac00000-fb000000 00400000 -rw
  |-- PTE(000e0) faf00000-fafe0000 000e0000 urw
  |-- PTE(00001) fafeb000-fafec000 00001000 -rw
--------------------- END ----------------------
use SLOB allocator
check_slab() success
kmalloc_init() succeeded!
check_vma_struct() succeeded!
page fault at 0x00000100: K/W [no page found].
check_pgfault() succeeded!
check_vmm() succeeded.
ide 0:      10000(sectors), 'QEMU HARDDISK'.
ide 1:     262144(sectors), 'QEMU HARDDISK'.
SWAP: manager = fifo swap manager
BEGIN check_swap: count 1, total 31919
setup Page Table for vaddr 0X1000, so alloc a page
setup Page Table vaddr 0~4MB OVER!
```

又看了看grade.sh，估计是固定检查 `make qemu` 的输出是否有 `函数 succeeded !` 这一句，大概是语句写错了

找了半天都没找到哪里有check_slab(甚至都想去改grade.sh了。。)，最后在kern/mm/kmalloc.c里面找到了，然后改成succeeded!就对了，这都什么莫名其妙的错。。。

练习0

> 见问题改进

练习一

> alloc_proc函数（位于kern/process/proc.c中）负责分配并返回一个新的struct proc_struct结构，用于存储新建立的内核线程的管理信息。ucore需要对这个结构进行最基本的初始化，你需要完成这个初始化过程。
>
> > 需要初始化的proc_struct结构中的成员变量至少包括：state/pid/runs/kstack/need_resched/parent/mm/context/tf/cr3/flags/name。

关键数据结构

根据提示先行查看proc结构的成员变量都是什么以及功能是什么

```
//kern/process/proc.h
struct proc_struct {
    enum proc_state state;//进程所处的状态 未初始化、sleep、Zoombie、运行
    int pid;              //进程ID
    int runs;             //运行时间
    uintptr_t kstack;     //内核栈，记录了分配给该线程的内核栈的位置。对内核线程是运行时的程序使用的栈；而对是发生特权级改变的时候使保存被打断的硬件信息用的栈
    volatile bool need_resched;// 对于释放CPU时是否需要调度的值?
    struct proc_struct *parent;// 父进程
```

```
    struct mm_struct *mm;// 内存管理的信息，包括内存映射列表、页表指针等等，这里其实不用考虑换页
    struct context context;  // 进程的上下文，用于进程切换
    struct trapframe *tf;  //中断帧的指针 指向当前中断状态
    uintptr_t cr3;  // 保存页表的物理地址PDT 进程切换的时候方便直接使用lcr3实现页表切换
    uint32_t flags;    //标志位
    char name[PROC_NAME_LEN + 1]; //进程名
    list_entry_t list_link;   // 进程链表
    list_entry_t hash_link;   // 哈希?
};
```

实现

再根据proc.c里面的help_comment可以很容易实现练习一

除了特定的几个属性其它都赋0/NULL即可

```
if (proc != NULL) {
//LAB4:EXERCISE1 YOUR CODE
/*
 * below fields in proc_struct need to be initialized
 *       enum proc_state state;                      // Process state
 *       int pid;                                    // Process ID
 *       int runs;                                   // the running times of Pro
 *       uintptr_t kstack;                           // Process kernel stack
 *       volatile bool need_resched;                 // bool value: need to be r
 *       struct proc_struct *parent;                 // the parent process
 *       struct mm_struct *mm;                       // Process's memory manager
 *       struct context context;                     // Switch here to run proce
 *       struct trapframe *tf;                       // Trap frame for current i
 *       uintptr_t cr3;                              // CR3 register: the base a
 *       uint32_t flags;                             // Process flag
 *       char name[PROC_NAME_LEN + 1];               // Process name
 */
    proc->state = PROC_UNINIT; // 状态尚未初始化
    proc->cr3 = boot_cr3;    //pmm.c
    proc->pid = -1;
    proc->runs = 0; // 对其他成员变量清零处理
    proc->kstack = 0;
    proc->need_resched = 0;
    proc->parent = NULL;
    proc->mm = NULL;
    memset(&proc->context, 0, sizeof(struct context));
    // 使用memset函数清零占用空间较大的成员变量，如数组，结构体等
    proc->tf = NULL;
    proc->flags = 0;
    memset(proc->name, 0, PROC_NAME_LEN);
}
```

回答问题

> 请说明proc_struct中 `struct context context` 和 `struct trapframe *tf` 成员变量含义和在本实验中的作用是啥？（提示通过看代码和编程调试可以判断出来）

- **context**：进程上下文,用于在上下文切换时保存当前通用寄存器(除%eax)及eip的值

  除了为了简化切换模式而省略掉的返回寄存器%eax(可以在栈上对应找到)，保存其它所有通用寄存器以及eip的值

```
struct context {
    uint32_t eip;
    uint32_t esp;
    uint32_t ebx;
    uint32_t ecx;
    uint32_t edx;
    uint32_t esi;
    uint32_t edi;
    uint32_t ebp;
};
```

- tf：中断帧，调度往往发生在时钟中断的时候，所以调度执行进程的时候，需要进行中断返回

  tf变量的作用在于在构造出了新的线程的时候，如果要将控制权交给这个线程，是使用中断返回的方式进行的，因此需要构造出一个伪造的中断返回现场，即trapframe，使得可以正确地将控制权转交给新的线程

  具体切换到新的线程的做法为，调用switch_to(switch.S)函数，然后在该函数中进行函数返回，直接跳转到forkret函数，最终进行中断返回函数__trapret，之后便可以根据tf中构造的中断返回地址切换到新的线程

练习二

> 创建一个内核线程需要分配和设置好很多资源。kernel_thread函数通过调用**do_fork**函数完成具体内核线程的创建工作。do_kernel函数会调用alloc_proc函数来分配并初始化一个进程控制块，但alloc_proc只是找到了一小块内存用以记录进程的必要信息，并没有实际分配这些资源。ucore一般通过do_fork实际创建新的内核线程。do_fork的作用是，创建当前内核线程的一个副本，它们的执行上下文、代码、数据都一样，但是存储位置不同。在这个过程中，需要给新内核线程分配资源，并且复制原进程的状态。你需要完成在kern/process/proc.c中的do_fork函数中的处理过程。它的大致执行步骤包括：
>
> - 调用alloc_proc，首先获得一块用户信息块。
> - 为进程分配一个内核栈。
> - 复制原进程的内存管理信息到新进程（但内核线程不必做此事）
> - 复制原进程上下文到新进程
> - 将新进程添加到进程列表
> - 唤醒新进程
> - 返回新进程号

相关宏即函数定义

```
alloc_proc//proc.c刚完成的 分配一个进程
setup_kstack//proc.c给线程内核栈分配一个KSTACKPAGE(2Page 8KB)的页
copy_mm//proc.c 根据clone_flags对虚拟内存空间进行拷贝 如果和CLONE_VM(pmm.h)一致则共享否则赋值
copy_thread//proc.c 设置tf
hash_proc//proc.c  把进程加到哈希表里
get_pid//proc.c  为新进程创建一个pid
wakup_proc//通过将状态置为runable达到唤醒进程的目的
```

实现

同样照着comment实现

```
int
do_fork(uint32_t clone_flags, uintptr_t stack, struct trapframe *tf) {
    int ret = -E_NO_FREE_PROC;
    struct proc_struct *proc;
    if (nr_process >= MAX_PROCESS) {
        goto fork_out;
    }
    ret = -E_NO_MEM;
    //LAB4:EXERCISE2 YOUR CODE
    /*
     * Some Useful MACROs, Functions and DEFINEs, you can use them in below implementation.
     * MACROs or Functions:
     *   alloc_proc:   create a proc struct and init fields (lab4:exercise1)
     *   setup_kstack: alloc pages with size KSTACKPAGE as process kernel stack
     *   copy_mm:      process "proc" duplicate OR share process "current"'s mm according clone_flags
     *                 if clone_flags & CLONE_VM, then "share" ; else "duplicate"
     *   copy_thread:  setup the trapframe on the  process's kernel stack top and
     *                 setup the kernel entry point and stack of process
     *   hash_proc:    add proc into proc hash_list
     *   get_pid:      alloc a unique pid for process
     *   wakup_proc:   set proc->state = PROC_RUNNABLE
     * VARIABLES:
     *   proc_list:    the process set's list
     *   nr_process:   the number of process set
     */

    //    1. call alloc_proc to allocate a proc_struct
    //    2. call setup_kstack to allocate a kernel stack for child process
    //    3. call copy_mm to dup OR share mm according clone_flag
    //    4. call copy_thread to setup tf & context in proc_struct
    //    5. insert proc_struct into hash_list && proc_list
    //    6. call wakup_proc to make the new child process RUNNABLE
    //    7. set ret vaule using child proc's pid

    // 为新线程分配PCB
    if ((proc = alloc_proc()) == NULL)
        goto fork_out; // 判断是否分配到内存空间
    assert(setup_kstack(proc) == 0);
    // 设置内核栈
    assert(copy_mm(clone_flags, proc) == 0);
    // 对虚拟内存空间进行拷贝，lab4内核线程之间共享一个虚拟内存空间，所以并不需要进行任何操作
    copy_thread(proc, stack, tf);
    // 在内核栈上面设置伪造好的tf，便于利用iret命令将控制权转移给新的线程
    proc->pid = get_pid(); // 创建pid
    hash_proc(proc); // 将线程放入使用hash表，加速查找
    nr_process ++; // 全局线程数加1
    list_add(&proc_list, &proc->list_link); //将线程加入链表
    wakeup_proc(proc); // 唤醒线程
    ret = proc->pid; // 返回新线程的pid

fork_out:
    return ret;

bad_fork_cleanup_kstack:
    put_kstack(proc);
bad_fork_cleanup_proc:
    kfree(proc);
    goto fork_out;
}
```

回答问题

> 请说明ucore是否做到给每个新fork的线程一个唯一的id？请说明你的分析和理由。

能做到

查看 `get_pid` 代码

- 在该函数中使用了两个静态局部变量 `next_safe` 和 `last_pid`，在每次进入 `get_pid` 函数的时候，这两个变量的数值之间的取值均是合法(尚未使用)的 `pid`，如果有严格的 `next_safe > last_pid + 1`，就可以直接取 `last_pid + 1` 作为新的 `pid`（`last_pid` 就是上一次分配的 `PID`）
- 如果 `next_safe > last_pid + 1` 不成立，则在循环中通过 `if (proc->pid == last_pid)` 确保不存在任何进程的 `pid` 与 `last_pid` 相同，再通过 `if (proc->pid > last_pid && next_safe > proc->pid)` 保证了不存在任何已经存在的 `pid` 满足： `last_pid<pid<next_safe`，这样就保证最后能够找到一个满足条件的区间，来获得合法的 `pid`

练习三

> 请在实验报告中简要说明你对proc_run函数的分析。并回答如下问题：
>
> - 在本实验的执行过程中，创建且运行了几个内核线程?
> - 语句 `local_intr_save(intr_flag);....local_intr_restore(intr_flag);` 在这里有何作用?请说明理由

`proc_run` 函数的作用是让线程在CPU上运行起来,即将CPU的控制权交给指定线程

执行过程

```
void proc_run(struct proc_struct *proc) {
    if (proc != current) {// 判断指定线程是否正在运行
        bool intr_flag;
        struct proc_struct *prev = current, *next = proc;
        local_intr_save(intr_flag);//sync.h 关闭中断
        {
            current = proc;
            load_esp0(next->kstack + KSTACKSIZE);//pmm.c 设置TSS
            lcr3(next->cr3);// 修改当前cr3为需要运行线程的页目录表PDT
            switch_to(&(prev->context), &(next->context));//切换到新的线程
        }
        local_intr_restore(intr_flag);//恢复中断
    }
}
```

- 保存FL_IF(中断标志位)并禁止中断
- 将current指针指向将要执行的进程，设置任务状态段ts中特权态0下的栈顶指针 `esp0` 为next线程的内核栈栈顶，即next->kstack + KSTACKSIZE
- 加载新的页表，设置CR3寄存器的值为 `next->cr3`（由于lab4都是内核进程，所以这一步其实没用）
- 调用switch_to进行切换
- 当执行proc_run的进程恢复执行之后，恢复FL_IF

回答问题

> 查看init_proc及运行结果可得

- 两个：idleproc和initproc
  - idleproc 最初的内核线程，在完成新的内核线程的创建以及各种初始化工作之后，进入死循环不断寻找可以调度的任务执行
  - initproc 用于打印"Hello World"的线程
- 该语句作用是关闭中断，使得在这个语句块内的执行内容不会被中断打断，是一个原子操作

- 在进程切换过程需要避免中断干扰以免产生不必要的错误，所以在切换进程期间将FL_IF(中断标志位)保存并禁止中断，等到进程切换完毕之后再将FL_IF恢复

实验结果

完成之后运行 `make qemu` 和 `make grade` 可以得到如下结果

```
VNC server running on 127.0.0.1:5900
(THU.CST) os is loading ...

Special kernel symbols:
  entry  0xc0100036 (phys)
  etext  0xc010a84e (phys)
  edata  0xc012b000 (phys)
  end    0xc012e158 (phys)
Kernel executable memory footprint: 185KB
ebp:0xc0127f48 eip:0xc0101e01 args:0x00010094 0x00010094 0xc0127f78 0xc01000cc
    kern/debug/kdebug.c:308: print_stackframe+21
ebp:0xc0127f58 eip:0xc01020fd args:0x00000000 0x00000000 0x00000000 0xc0127fc8
    kern/debug/kmonitor.c:129: mon_backtrace+10
ebp:0xc0127f78 eip:0xc01000cc args:0x00000000 0xc0127fa0 0xffff0000 0xc0127fa4
    kern/init/init.c:57: grade_backtrace2+19
ebp:0xc0127f98 eip:0xc01000ee args:0x00000000 0xffff0000 0xc0127fc4 0x0000002a
    kern/init/init.c:62: grade_backtrace1+27
ebp:0xc0127fb8 eip:0xc010010b args:0x00000000 0xc0100036 0xffff0000 0xc0100079
    kern/init/init.c:67: grade_backtrace0+19
ebp:0xc0127fd8 eip:0xc010012c args:0x00000000 0x00000000 0x00000000 0xc010a860
    kern/init/init.c:72: grade_backtrace+26
ebp:0xc0127ff8 eip:0xc0100086 args:0xc010acb8 0xc010acc0 0xc0102086 0xc010acdf
    kern/init/init.c:32: kern_init+79
memory management: default_pmm_manager
e820map:
  memory: 0009fc00, [00000000, 0009fbff], type = 1.
  memory: 00000400, [0009fc00, 0009ffff], type = 2.
  memory: 00010000, [000f0000, 000fffff], type = 2.
  memory: 07ee0000, [00100000, 07fdffff], type = 1.
  memory: 00020000, [07fe0000, 07ffffff], type = 2.
  memory: 00040000, [fffc0000, ffffffff], type = 2.
check_alloc_page() succeeded!
check_pgdir() succeeded!
check_boot_pgdir() succeeded!
-------------------- BEGIN --------------------
PDE(0e0) c0000000-f8000000 38000000 urw
  |-- PTE(38000) c0000000-f8000000 38000000 -rw
PDE(001) fac00000-fb000000 00400000 -rw
  |-- PTE(000e0) faf00000-fafe0000 000e0000 urw
  |-- PTE(00001) fafeb000-fafec000 00001000 -rw
--------------------- END ---------------------
use SLOB allocator
check_slab() success
kmalloc_init() succeeded!
check_vma_struct() succeeded!
page fault at 0x00000100: K/W [no page found].
check_pgfault() succeeded!
check_vmm() succeeded.
ide 0:      10000(sectors), 'QEMU HARDDISK'.
ide 1:     262144(sectors), 'QEMU HARDDISK'.
```

```
SWAP: manager = fifo swap manager
BEGIN check_swap: count 1, total 31919
setup Page Table for vaddr 0X1000, so alloc a page
setup Page Table vaddr 0~4MB OVER!
set up init env for check_swap begin!
page fault at 0x00001000: K/W [no page found].
page fault at 0x00002000: K/W [no page found].
page fault at 0x00003000: K/W [no page found].
page fault at 0x00004000: K/W [no page found].
set up init env for check_swap over!
write Virt Page c in fifo_check_swap
write Virt Page a in fifo_check_swap
write Virt Page d in fifo_check_swap
write Virt Page b in fifo_check_swap
write Virt Page e in fifo_check_swap
page fault at 0x00005000: K/W [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x1000 to disk swap entry 2
write Virt Page b in fifo_check_swap
write Virt Page a in fifo_check_swap
page fault at 0x00001000: K/W [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x2000 to disk swap entry 3
swap_in: load disk swap entry 2 with swap_page in vadr 0x1000
write Virt Page b in fifo_check_swap
page fault at 0x00002000: K/W [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x3000 to disk swap entry 4
swap_in: load disk swap entry 3 with swap_page in vadr 0x2000
write Virt Page c in fifo_check_swap
page fault at 0x00003000: K/W [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x4000 to disk swap entry 5
swap_in: load disk swap entry 4 with swap_page in vadr 0x3000
write Virt Page d in fifo_check_swap
page fault at 0x00004000: K/W [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x5000 to disk swap entry 6
swap_in: load disk swap entry 5 with swap_page in vadr 0x4000
write Virt Page e in fifo_check_swap
page fault at 0x00005000: K/W [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x1000 to disk swap entry 2
swap_in: load disk swap entry 6 with swap_page in vadr 0x5000
write Virt Page a in fifo_check_swap
page fault at 0x00001000: K/R [no page found].
swap_out: i 0, store page in vaddr 0x2000 to disk swap entry 3
swap_in: load disk swap entry 2 with swap_page in vadr 0x1000
count is 0, total is 5
check_swap() succeeded!
++ setup timer interrupts
this initproc, pid = 1, name = "init"
To U: "Hello world!!".
To U: "en.., Bye, Bye. :)"
kernel panic at kern/process/proc.c:345:
    process exit!!.
```

```
user@ubuntu:~/Desktop/labcodes_answer/lab4_result$ make grade
Check VMM:                (1.3s)
  -check pmm:                                 OK
  -check page table:                          OK
  -check slab:                                OK
  -check vmm:                                 OK
  -check swap page fault:                     OK
  -check ticks:                               OK
  -check initproc:                            OK
Total Score: 100/100
```

Challenge

> 这不是本实验的内容，其实是上一次实验内存的扩展，但考虑到现在的slab算法比较复杂，有必要实现一个比较简单的任意大小内存分配算法。可参考本实验中的slab如何调用基于页的内存分配算法（注意，不是要你关注slab的具体实现）来实现first-fit/best-fit/worst-fit/buddy等支持任意大小的内存分配算法。。

看到是slab相关其实我就不想做。。。

参考kern/mm/kmalloc.c中关于SLOB和SLAB的解释以及Linux的实现文档

大概看懂了ucore是怎么做的，但要让我移植到first fit/best fit上一时半会还想不出来，所以就先空着，如果后面lab都比较顺利的话回来看看SLAB的实现