Linux OS Project 1 Write Up

[TOC]

資訊

隊伍

- 隊名：第 48763 組

成員

- 張桓融
  - 資訊工程學系四年級
  - 108502515
- 洪裕翔
  - 資訊工程學系四年級
  - 108502520
- 李宗奇
  - 資訊工程學系四年級
  - 108502578

老師指定內容

Execution Results

```
1   Segment Name: text, Virutal Address: 0x80485ec, Physicall Address: 0x28005ec
2   Segment Name: data, Virutal Address: 0x804a030, Physicall Address: 0x30
3   Segment Name: bss, Virutal Address: 0x804a03c, Physicall Address: 0x3c
4   Segment Name: heap, Virutal Address: 0x9c2d008, Physicall Address: 0x8
5   Segment Name: libraries, Virutal Address: 0x8048470, Physicall Address: 0x2800470
6   Segment Name: text, Virutal Address: 0x80485ec, Physicall Address: 0x28005ec
7   Segment Name: data, Virutal Address: 0x804a030, Physicall Address: 0x30
8   Segment Name: bss, Virutal Address: 0x804a03c, Physicall Address: 0x3c
9   Segment Name: heap, Virutal Address: 0x9c2d008, Physicall Address: 0x8
10  Segment Name: libraries, Virutal Address: 0x8048470, Physicall Address: 0x2800470
11  Segment Name: stack, Virutal Address: 0xb6de7320, Physicall Address: 0xf7417320
12  Segment Name: stack, Virutal Address: 0xb75e8320, Physicall Address: 0x2800320
```

> 圖一，兩個 thread 分別尋物理位址的結果。 第 1 - 5、11 行為 thread 1 的輸出；第 6 - 10、12 行則為 thread 2 的輸出。

Results Describing and Analyzing of Experiments

表一為實驗結果的整理。由表一可見，兩個不同的 thread 分別共用的 segment 有 text 段、data 段、bss 段、heap 段、libraries 段（這些 segment 的變數的 physical address 在不同 thread 之間是相同的），而 stack 段則是不一樣的。代表說，這裡面所宣告的是不一樣的變數，這裡就把它視為不同的segment。

Segments	Thread 1	Thread 2
text	0x28005ec	0x28005ec
data	0x30	0x30
bss	0x3c	0x3c
heap	0x8	0x8
libraries	0x2800470	0x2800470
stack	==0xf7417320==	==0x2800320==

> 表一，實驗結果整理。

Source Codes

Multi-Threads Application

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>
#include <unistd.h>
#include <syscall.h>
#include <sys/types.h>
#include <time.h>
#define arr_size 6

typedef struct {
    char *segment_name;
    void *address;
} data_format;

int for_data_segment = 48763;
int for_bss_segment;
int *for_heap_segment;
void *for_libraries_segment = &printf;
void for_text_segment() {}

unsigned long bss_seg=0;
unsigned long data_seg=48763;


void* child_thread(void) {
    int for_stack_segment = 357;
    data_format items[] = {
        {"text", &for_text_segment}
        , {"data", &for_data_segment}
```

```
        , {"bss", &for_bss_segment}
        , {"heap", for_heap_segment}
        , {"libraries", for_libraries_segment}
        , {"stack", &for_stack_segment}
    };

    unsigned long input_arr[arr_size];
    unsigned long output_arr[arr_size];

    printf("input\n");
    input_arr[0]=&for_text_segment;
    input_arr[1]=&for_data_segment;
    input_arr[2]=&for_bss_segment;
    input_arr[3]=for_heap_segment;
    input_arr[4]=for_libraries_segment;
    input_arr[5]=&for_stack_segment;
    printf("%p\n", input_arr[0]);
    printf("%p\n", input_arr[1]);
    printf("%p\n", input_arr[2]);
    printf("%p\n", input_arr[3]);
    printf("%p\n", input_arr[4]);
    printf("%p\n", input_arr[5]);

    int a = syscall(351, input_arr, arr_size, output_arr);
    printf("output\n");
    printf("%p\n", output_arr[0]);
    printf("%p\n", output_arr[1]);
    printf("%p\n", output_arr[2]);
    printf("%p\n", output_arr[3]);
    printf("%p\n", output_arr[4]);
    printf("%p\n", output_arr[5]);

    pthread_exit(NULL);
}

int main(void) {
    for_heap_segment = malloc(10);
    for_libraries_segment = &printf;


    pthread_t pt_1=0;
    pthread_t pt_2=0;

    pthread_create(&pt_1, NULL, (void*)child_thread, "pt_1");
    sleep(1);
    pthread_create(&pt_2, NULL, (void*)child_thread, "pt_2");

    pthread_join(pt_1, NULL);
    pthread_join(pt_2, NULL);

    return 0;
}
```

Kernel

```
// reference from our github: https://github.com/Cing-Chen/Linux-Operating-System-Project-1/blob/main/jizz/syscall/virt_to_phy.c


#include <linux/init_task.h>
#include <linux/kernel.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/string.h>
#include <linux/uaccess.h>
#include <linux/mm.h>
#include <linux/linkage.h>
#include <linux/highmem.h>
#include <linux/gfp.h>


asmlinkage unsigned long sys_virt_to_phy(unsigned long *initial, int len_vir, unsigned long *result) {
    pgd_t *pgd;
    pud_t *pud;
    pmd_t *pmd;
    pte_t *pte;

    unsigned long *v_addr = kmalloc(len_vir * sizeof(unsigned long),GFP_KERNEL);
    unsigned long *p_addr = kmalloc(len_vir * sizeof(unsigned long),GFP_KERNEL);
    copy_from_user(v_addr, initial, len_vir * sizeof(unsigned long));
    printk("cpaddr[0]:%p\n", v_addr[0]);
    printk("cpaddr[1]:%p\n", v_addr[1]);
    printk("cpaddr[2]:%p\n", v_addr[2]);
    printk("cpaddr[3]:%p\n", v_addr[3]);
    printk("cpaddr[4]:%p\n", v_addr[4]);
    printk("cpaddr[5]:%p\n", v_addr[5]);

    struct page *page;
    int i=0;
    for(; i<len_vir;i++){

        pgd = pgd_offset(current->mm, v_addr[i]);
        printk("pgd_val = 0x%lx\n", pgd_val(*pgd));
        printk("pgd_index = %lu\n", pgd_index(v_addr[i]));
        if (pgd_none(*pgd)) {
            printk("not mapped in pgd\n");
            return -1;
        }

        pud = pud_offset(pgd, v_addr[i]);
        printk("pud_val = 0x%lx\n", pud_val(*pud));
        if (pud_none(*pud)) {
            printk("not mapped in pud\n");
            return -1;
        }
```

```
        pmd = pmd_offset(pud, v_addr[i]);
        printk("pmd_val = 0x%lx\n", pmd_val(*pmd));
        printk("pmd_index = %lu\n", pmd_index(v_addr[i]));
        if (pmd_none(*pmd)) {
            printk("not mapped in pmd\n");
            return -1;
        }

        pte = pte_offset_map(pmd, v_addr[i]);

        if (pte_none(*pte)) {
            printk("not mapped in pte\n");
        }
        page=pte_page(*pte);
        pte_unmap(pte);
        p_addr[i]=page_to_phys(page);
        printk("p_addr:%p\n", p_addr[i]);
    }
    copy_to_user(result, p_addr, len_vir * sizeof(unsigned long));

    return 0;

}
```

Kernel 與 OS 版本

- Kernel: 3.10.108
- OS: Ubuntu 16.04.7 LTS

Kernel 編譯過程

1. 使用以下指令安裝套件：

```
sudo apt-get install libncurses5-dev
```

2. 創建`config`，這邊我們使用預設的 config：

```
sudo make oldconfig
```

3. 無情開編，記得加上`-j`參數，多線程編譯會快很多：

```
sudo make -j 4
```

4. 編譯完成後，使用以下指令安裝 kernel：

```
sudo make modules_install install
```

5. 若為第一次編譯完成，將`/etc/default/grub`內的以下兩行註解掉，才有開機選單可以用：

```
GRUB_HIDDEN_TIMEOUT=0
GRUB_HIDDEN_TIMEOUT_QUIET=true
```

6. 更新`grub`設定：

```
sudo update-grub
```

7. 重開機，選擇新編譯的 kernel 版本即可。

新增 system call 過程

1. 創建一個裝 system call 的資料夾，並編寫一個 system call。我們將資料夾名取為`modohiyaku`，檔名則取為`kirito.c`。`kirito.c`內容如下：

```
#include<linux/kernel.h>

asmlinkage long sutabasuto_sutorimu(void) {
    printk("Give me ten seconds!\n");
    return 48763;
}
```

2. 在`modohuyaku`資料夾內新增一個`Makefile`，內容如下：

```
obj-y := kirito.o
```

3. 返回上一層目錄，編輯`Makefile`，修改部分內容，將下方第一行修改成第二行（即增加我們自己新建的 system call 資料夾）。

```
core-y += kernel/ mm/ fs/ ipc/ security/ crypto/ block/
core-y += kernel/ mm/ fs/ ipc/ security/ crypto/ block/ modohiyaku/
```

4. 編輯`arch/x86/syscalls/syscall_32.tbl`，將我們自定義的 system call 寫入 system call table。在文件的最後加上下面內容：

```
{PID}   i386  modohiyaku  sutabasuto_sutorimu
```

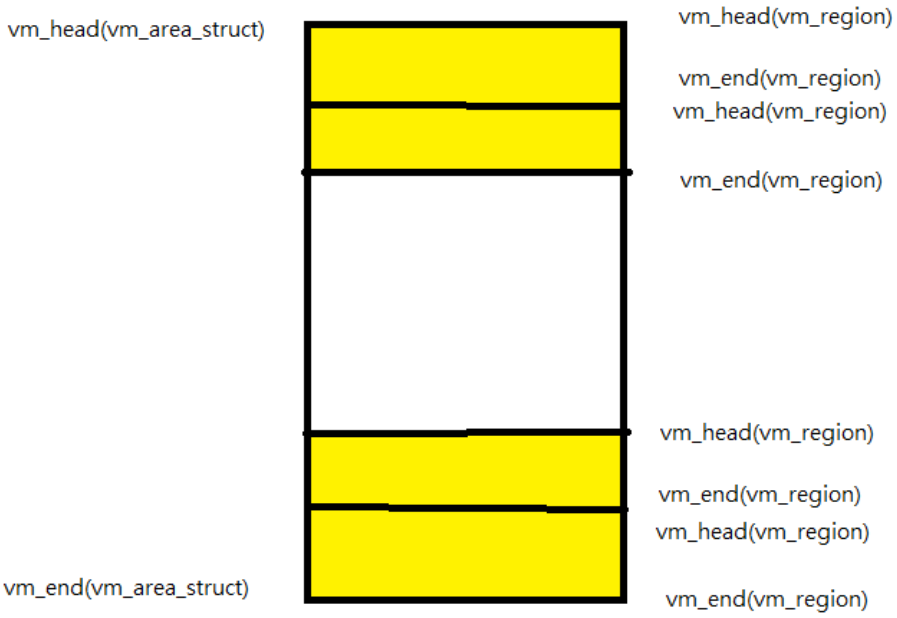
5. 編輯`include/linux/syscalls.h`，讓我們寫的程式可以呼叫我們自定義的 system call。在`#endif`前加上下面內容：

```
asmlinkage int modohiyaku(void);
```

問題們

1. pgd_offset 實作細節？
    - 根據目前進程的 mm_struct 和 virtual addr (with pgd_index finction)，計算出當前的 pgd_offset。
    - Solution Source
2. p4d 層是否真的存在？
    - 對於使用 5 級的系統 (kernel 4.14 up)， p4d 存在。
    - 對於使用 4 級的系統，p4d_offset 可以直接將先前傳進來的第一級 (pgd_offset) 傳給下一層，造成 p4d 物理上不存在的樣子。
3. current 為什麼可以不宣告直接用
    - 在 `asm/current.h` 進行宣告，為一個 macro，實際上為一個 get_current 的 function。
    - 詳情請看第5點。
4. mm_struct 中的 mmap
    - 是什麼？
        - 為 vm_area_struct (VMA)
        - 而這個結構本身為雙向的 linked list (有vm_next & vm_prev)
    - VMA 中的 start end 分別代表什麼？
        - 如果說是 vm_region 內的 vm_start 以及 vm_end 話，代表的是這一個 segment 可以用的頭跟尾，然後由一個 vm_top 來管控目前 allocate 的位置
        - 如果說是 vm_area_struct 內的 vm_start 跟 vm_end 的話，則代表的是整個 memory descriptor (mm_struct) 的最前面的位置和最後的位置

- 猜測一個 process 的 memory 與 vm_start、vm_end 的關係圖如下



5. current 是什麼？指向哪？

- 在 `x86/include/asm/current.h` 宣告 `#define current get_current()`，因此我們可以知道這個為一個 function (get_current() 的 macro)。

```
struct task_struct;

DECLARE_PER_CPU(struct task_struct *, current_task);


static __always_inline struct task_struct *get_current(void)
{
    return this_cpu_read_stable(current_task);
}
```

- 由上面的程式我們可以知道，get_current() 是把現在這個 current_task (由 DECLARE_PER_CPU 取得)這個 per_cpu_variable 轉成 task_struct 回傳。
- 而從 task_struct 我們可知 task 是一個樹狀結構，也就是老師上課所說的在 Linux 內，所有的 process 是會組合成一棵樹，也可以合理的推斷，這裡的 task_struct 就是紀錄該 process 的所有東西，包含所謂的樹狀結構。
- 小結論:
  - current 是一個 function，最終會回傳一個 task_struct，也就是 process 的資訊。
  - 而包括 pid, mm_struct (memory desciptor) 等跟 process 相關的東西都在這裡。
- References
  - What is the "current" in Linux kernel source?
  - The implementation of Linux kernel current macro
  - What does value of 'current_task' mean in different version of linux kernel?

        - task_struct source
        - current on x86 source

6. Kernel 5.x 怎麼增加 System Call?

    - `arch/x86/entry/syscalls/syscall_64.tbl` 中新增 syscall number。
    - 在 `include/linux/syscalls.h` 中新增 function。

7. pthread 有用到那些System call?

    - 會用到了 `mmap`, `clone`, `mprotect` 等等 system call。
    - Solution Source

8. 為什麼要用 copy-to-user 和 copy-from-user？

    - 兩者與 memcpy 相比，多了判斷 addr 是在 user 端或是 kernel 端。在 MMU 支援的平台上，傳進來的 addr 有可能是指向 virtual addr，如果 virtual 還沒有指向 physical 成功時，我們無法知道這件事，所以才會使用 copy_(to|for)_user，去確保訪問的 addr 是被合法 allocate 的 (在 valid VMA 中)。