

Міністерство освіти та науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”
Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Лабораторна робота №4

з дисципліни “Технології програмування для комп'ютерних систем – 3”

Виконала:
студентка групи ІВ-91мн
Дорошенко А.Ю.

Київ 2020 р.

Завдання

Розглянути етапи створення та використання модулів для ядра OS Linux.

Послідовність виконання роботи

1. Створюємо модуль. Для цього у файловій системі створюємо директорію lab4, у яку додаємо усі необхідні файли для роботи з модулем. Виконуємо команди export для збирання ядра, а також export KDIR=/home/anna/lab3/linux-stable/.

```
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install$ ll
total 52
drwxr-xr-x 13 anna anna 4096 Apr  4 13:27 ./
drwxr-xr-x 38 anna anna 4096 Apr  4 13:38 ../
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:25 bin/
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:29 boot/
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:25 dev/
drwxr-xr-x  3 anna anna 4096 Apr  4 13:34 etc/
lrwxrwxrwx  1 anna anna   11 Apr  4 13:27 init -> bin/busybox*
drwxr-xr-x  3 anna anna 4096 Apr  4 13:32 lib/
lrwxrwxrwx  1 anna anna   11 Apr  4 13:25 linuxrc -> bin/busybox*
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:25 proc/
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:25 root/
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:25 sbin/
drwxr-xr-x  3 anna anna 4096 Apr  4 13:25 sys/
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 Apr  4 13:25 tmp/
drwxr-xr-x  4 anna anna 4096 Apr  4 13:25 usr/
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install$ mkdir lab4
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install$ cd l
lab4/ lib/
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install$ cd lab4/
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ ll
total 20
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 May 13 14:21 ./
drwxr-xr-x 14 anna anna 4096 May 13 14:21 ../
-rw-r--r--  1 anna anna 2200 Aug  9 2017 hello.c
-rw-r--r--  1 anna anna  44 Aug  9 2017 Kbuild
-rw-r--r--  1 anna anna 136 Aug  9 2017 Makefile
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ mv hello.c module1.c
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ vim module1.c
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ ll
total 20
drwxr-xr-x  2 anna anna 4096 May 13 14:24 ./
drwxr-xr-x 14 anna anna 4096 May 13 14:21 ../
-rw-r--r--  1 anna anna  44 Aug  9 2017 Kbuild
-rw-r--r--  1 anna anna 136 Aug  9 2017 Makefile
-rw-r--r--  1 anna anna 436 May 13 14:24 module1.c
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ vim Kbuild
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ vim Makefile
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ export PATH=/opt/gcc-arm-8.3-2019.03-x86_64-arm-eabi/bin:$PATH
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ export CROSS_COMPILE='ccache arm-eabi-'
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ export ARCH=arm
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ export KDIR=/home/anna/lab3/linux-stable/
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$
```

2. Виконуємо команду make для збирання модулю:

```
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install/lab4$ make
make -C /home/anna/lab3/linux-stable/ M=$PWD
make[1]: Entering directory '/home/anna/lab3/linux-stable'
CC [M] /home/anna/lab3/busybox/_install/lab4/module1.o
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
CC      /home/anna/lab3/busybox/_install/lab4/module1.mod.o
LD [M] /home/anna/lab3/busybox/_install/lab4/module1.ko
make[1]: Leaving directory '/home/anna/lab3/linux-stable'
```

3. Створимо архів СРІО для rootfs та заархівуємо його за допомогою GZip:

```
anna@ubuntu:~/lab3/busybox/_install$ find . | cpio -o -H newc | gzip > ../rootfs.cpio.gz
118689 blocks
```

4. Виконання завдання Basic (module1.c):

```
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/printk.h>

static unsigned int repeats = 1;

module_param(repeats, uint, S_IRUGO);
MODULE_PARM_DESC(repeats, "How many hello to print");

static int __init module1_init(void)
{
    unsigned int repeat;

    if (repeats > 10)
    {
        printk(KERN_ERR "Cannot repeat more than 10 times\n");
        return -EINVAL;
    }

    if (repeats >= 5 && repeats <= 10)
    {
        printk(KERN_WARNING "Repeation from 5 to 10 times\n");
    }

    if (repeats == 0)
    {
        printk(KERN_WARNING "No repeatition\n");
    }

    for (repeat = 0; repeat < repeats; repeat++)
    {
        printk(KERN_INFO "Hello there!\n");
    }

    return 0;
}

static void __exit module1_exit(void)
{
    printk(KERN_EMERG "Module 1 exit\n");
}

module_init(module1_init);
module_exit(module1_exit);

MODULE_AUTHOR("Anna Doroshenko");
MODULE_DESCRIPTION("Training to build linux module");
MODULE_LICENSE("Dual BSD/GPL");
```

5. Протестуємо роботу модуля:

```
/ # cd lab4
/lab4 # insmod module1.ko
[ 21.559249] module1: loading out-of-tree module taints kernel.
[ 21.566687] Hello there!
/lab4 # rmmod module1
[ 49.639871] Module 1 exit
/lab4 # insmod module1.ko repeats=3
[ 62.717186] Hello there!
[ 62.717578] Hello there!
[ 62.717870] Hello there!
/lab4 # rmmod module1
[ 67.492473] Module 1 exit
/lab4 # insmod module1.ko repeats=0
[ 72.340864] No repeatition
/lab4 # insmod module1.ko repeats=6
insmod: can't insert 'module1.ko': File exists
/lab4 # rmmod module1
[ 88.960796] Module 1 exit
/lab4 # insmod module1.ko repeats=6
[ 90.736517] Repeatition from 5 to 10 times
[ 90.737318] Hello there!
[ 90.737748] Hello there!
[ 90.742136] Hello there!
[ 90.742613] Hello there!
[ 90.742901] Hello there!
[ 90.744294] Hello there!
/lab4 # rmmod module1
[ 98.341930] Module 1 exit
/lab4 # insmod module1.ko repeats=10
[ 102.386521] Repeatition from 5 to 10 times
[ 102.387583] Hello there!
[ 102.388410] Hello there!
[ 102.388750] Hello there!
[ 102.389065] Hello there!
[ 102.389377] Hello there!
[ 102.389706] Hello there!
[ 102.390018] Hello there!
[ 102.390328] Hello there!
[ 102.390659] Hello there!
[ 102.390973] Hello there!
/lab4 # rmmod module1
[ 110.739276] Module 1 exit
/lab4 # insmod module1.ko repeats=11
[ 115.086064] Cannot repeat more than 10 times
insmod: can't insert 'module1.ko': invalid parameter
```

```
/lab4 # insmod module1.ko repeats=5
[ 439.162294] Repeatition from 5 to 10 times
[ 439.164489] Hello there!
[ 439.164973] Hello there!
[ 439.165267] Hello there!
[ 439.165576] Hello there!
[ 439.165882] Hello there!
/lab4 # cat /sys/module/module1/parameters/repeats
5
```

```
/lab4 # insmod module1.ko repeats=5
[ 576.589612] Repeatition from 5 to 10 times
[ 576.590314] Hello there!
[ 576.590646] Hello there!
[ 576.590938] Hello there!
[ 576.591280] Hello there!
[ 576.591571] Hello there!
/lab4 # modinfo module1.ko
filename:      module1.ko
author:        Anna Doroshenko
description:    Training to build linux module
license:       Dual BSD/GPL
parm:          repeats:How many hello to print
depends:
vermagic:      4.19.114 SMP mod_unload ARMv7 p2v8
/lab4 # rmmod module1
[ 584.622498] Module 1 exit
```


6. Виконання завдання Advanced:

module2.h

```
#ifndef MODULE2
#define MODULE2

void print_text(unsigned int repeats);

#endif
```

Kbuild

```
# kbuild part of makefile
ccflags-y += -I$(PWD)/inc
obj-m := module2.o module3.o
```

module2.c

```
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/printk.h>
#include "module2.h"

void print_text(unsigned int repeats)
{
    unsigned int repeat;
    for (repeat = 0; repeat < repeats; repeat++)
    {
        pr_info("Hello there!\n");
    }
}

EXPORT_SYMBOL(print_text);

static int __init module2_init(void)
{
    pr_info("Exporting the function...");
    return 0;
}

static void __exit module2_exit(void)
{
    pr_info("Module 2 exit. No more exporting the function.\n");
}

module_init(module2_init);
module_exit(module2_exit);

MODULE_AUTHOR("Anna Doroshenko");
MODULE_DESCRIPTION("Training to export a function");
MODULE_LICENSE("Dual BSD/GPL");
```

module3.c

```
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
#include <linux/printk.h>
#include "module2.h"

static unsigned int repeats = 1;

module_param(repeats, uint, S_IRUGO);
MODULE_PARM_DESC(repeats, "How many hello to print");

static int __init module3_init(void)
{
    if (repeats > 10)
    {
        pr_err("Cannot repeat more than 10 times\n");
        return -EINVAL;
    }

    if (repeats >= 5 && repeats <= 10)
    {
        pr_warn("Repeattion from 5 to 10 times\n");
    }

    if (repeats == 0)
    {
        pr_warn("No repeattion\n");
    }

    print_text(repeats);
    return 0;
}

static void __exit module3_exit(void)
{
    pr_info("Module 3 exit\n");
}

module_init(module3_init);
module_exit(module3_exit);

MODULE_AUTHOR("Anna Doroshenko");
MODULE_DESCRIPTION("Training to import a function");
MODULE_LICENSE("Dual BSD/GPL");
```

7. Протестуємо роботу модулів:

```
/lab4 # insmod module2.ko
[ 27.609966] module2: loading out-of-tree module taints kernel.
/lab4 # insmod module3.ko
[ 27.617302] Exporting the function...
[ 57.363647] Hello there!
/lab4 # rmmod module3
[ 198.073668] Module 3 exit
/lab4 # insmod module3.ko repeats=4
[ 222.306845] Hello there!
[ 222.307289] Hello there!
[ 222.307616] Hello there!
[ 222.307936] Hello there!
/lab4 # rmmod module3
[ 253.014087] Module 3 exit
/lab4 # insmod module3.ko repeats=0
[ 262.683647] No repeatition
/lab4 # rmmod module3
[ 270.221485] Module 3 exit
/lab4 # insmod module3.ko repeats=7
[ 279.234200] Repeatition from 5 to 10 times
[ 279.234817] Hello there!
[ 279.235261] Hello there!
[ 279.235576] Hello there!
[ 279.235909] Hello there!
[ 279.236223] Hello there!
[ 279.236535] Hello there!
[ 279.236866] Hello there!
/lab4 # rmmod module3
[ 289.968937] Module 3 exit
/lab4 # insmod module3.ko repeats=11
[ 295.477522] Cannot repeat more than 10 times
insmod: can't insert 'module3.ko': invalid parameter
/lab4 # rmmod module3
rmmod: remove 'module3': No such file or directory
/lab4 # rmmod module2
[ 331.404904] Module 2 exit. No more exporting the function.
/lab4 # insmod module3.ko repeats=3
[ 345.011072] module3: Unknown symbol print_text (err -2)
insmod: can't insert 'module3.ko': unknown symbol in module or invalid parameter
```

Помилка у виконанні запиту, наведеного нижче, виникла, бо модулю module3 не вдалося визначити символ print_text, який не був експортований в результаті НЕзавантаження модулю module2, в якому цей символ реалізований та експортований.

```
/lab4 # insmod module3.ko repeats=3
[ 345.011072] module3: Unknown symbol print_text (err -2)
insmod: can't insert 'module3.ko': unknown symbol in module or invalid parameter
```