

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



BÁO CÁO ĐỒ ÁN 3

TÌM HIỂU VÀ LẬP TRÌNH LINUX KERNEL MODULE

MÔN: HỆ ĐIỀU HÀNH – CSC10007

LỚP: 19CLC3

Giảng viên hướng dẫn:

ThS. Phạm Tuấn Sơn

Sinh viên thực hiện:

Lê Thị Phương Linh – 19127041

Trần Văn Quý Phước – 19127246

Phạm Hồng Quân – 19127250

Thành phố Hồ Chí Minh – Ngày 13/08/2021

-----❧❧-----

MỤC LỤC

1. TỔNG QUAN.....	1
• Phân công công việc.....	1
2. THÔNG TIN ĐỒ ÁN	2
2.1. Tìm hiểu sơ nét về Linux kernel module:	2
2.2. Yêu cầu:.....	2
2.3. Mô tả thực hiện:	2
2.4. Biên dịch:	3
2.4.1. Các bước thực hiện:.....	3
2.4.2. Kết quả thực hiện:	4
3. CÔNG CỤ HỖ TRỢ VÀ TÀI LIỆU THAM KHẢO.	8
3.1. CÔNG CỤ HỖ TRỢ	8
3.2. TÀI LIỆU THAM KHẢO	8

1 TỔNG QUAN

- Phân công công việc

Người thực hiện	Thực hiện
Lê Thị Phương Linh	100%
Trần Văn Quý Phước	100%
Phạm Hồng Quân	100%

2 THÔNG TIN ĐỒ ÁN

2.1. Tìm hiểu sơ nét về Linux kernel module:

- Linux được thiết kế để làm việc với hàng tỉ thiết bị. Nhưng ta không thể đưa tất cả các driver vào trong kernel được, vì sẽ làm cho kích thước kernel rất lớn. Giải pháp cho vấn đề này đó là: thiết kế các driver dưới dạng module tách rời với kernel. Trong quá trình hoạt động, driver nào cần thiết sẽ được lắp vào kernel, còn driver nào không cần thiết sẽ bị tháo ra khỏi kernel (dynamic loading).
- Linux kernel module là một file với tên mở rộng là (.ko). Nó sẽ được lắp vào hoặc tháo ra khỏi kernel khi cần thiết. Chính vì vậy, nó còn có một tên gọi khác là loadable kernel module. Một trong những kiểu loadable kernel module phổ biến đó là driver.

2.2. Yêu cầu:

- Viết một module dùng để tạo ra số ngẫu nhiên.
- Module này sẽ tạo một character device để cho phép các tiến trình ở userspace có thể open và read các số ngẫu nhiên.
- Báo cáo
- **Hoàn thành: 100%**

2.3. Mô tả thực hiện:

- **Tạo File RandomNum.c:**
- File này chứa mã nguồn để tạo một kernel module. Trong file này, sẽ chứa module dùng để tạo ra số ngẫu nhiên. Module này sẽ tạo ra một character device cho phép các tiến trình ở userspace có thể open và read các số ngẫu nhiên. Gồm các hàm sau:
 - ✓ **static struct file_operations RandomNum_fops:** Cấu trúc này khai báo các thao tác muốn dùng đối với file thiết bị như **open**, **read**, **close**.

- ✓ **static int _open(struct inode *i, struct file *f):** Hàm thực hiện mở file thiết bị.
- ✓ **static int _close(struct inode *i, struct file *f):** Hàm thực hiện đóng file thiết bị.
- ✓ **static ssize_t _read(struct file *f, char __user *buf, size_t len, loff_t *off):** Hàm thực hiện đọc dữ liệu từ file thiết bị. Trong hàm này sẽ dùng hàm **get_random_bytes(&res, sizeof(res))** để sinh số ngẫu nhiên từ character device và trả số lại từ hàm **copy_to_user(buf, &res, sizeof(res))** cho người dùng (user).
- ✓ **static int __init ofcd_init(void):** Hàm khởi tạo module driver. Đầu tiên, trong hàm này sẽ thực hiện việc cấp phát động số hiệu thiết bị. Sau đó, tạo lớp thiết bị (device class). Sau đó, thông tin (major, minor) của thiết bị trong lớp này được tạo ra bởi hàm API. Cuối cùng, khởi tạo một cấu trúc thiết bị kiểu character bằng cách khai báo biến cấu trúc **struct cdev c_dev** và gọi hàm **cdev_init()**. Điều khiển cấu trúc này đến hệ thống file ảo VFS bằng cách gọi hàm **cdev_add()**.
- ✓ **static void __exit ofcd_exit(void):** Hủy class, gỡ bỏ các module, device.
- **Tạo File Test.c:** File mã nguồn bên người dùng để thực hiện mở, đóng file thiết bị, đọc các số ngẫu nhiên và xuất ra console.
- Để biên dịch kernel module, ta sử dụng phương pháp Kbuild. Theo phương pháp này, chúng ta cần tạo ra 2 file: một file có tên là **Makefile**, file còn lại có tên là **Kbuild**.

2.4. Biên dịch:

2.4.1. Các bước thực hiện:

1. Biên dịch file RandomNum.c sử dụng Makefile, tạo ra file RandomNum.ko và file thực thi Test (chạy bên user).
2. Lắp kernel module vào sử dụng lệnh **insmod**.
3. Kiểm tra chức năng character device bằng đọc dữ liệu từ file **/dev/randomNum**.
4. Chạy file thực thi Test bằng lệnh **sudo ./Test**, lúc này nếu mở file thiết bị thành công thì console sẽ xuất ra mở file thành công và số ngẫu nhiên.
5. Tháo module ra khỏi kernel bằng cách sử dụng lệnh **rmmod** và thực hiện **make clean** các file.

2.4.2. Kết quả thực hiện:

Make all để biên dịch file RandomNum.c và Test.c để tạo ra các file RandomNum.ko và file thực thi Test.

```

hggquan@ubuntu: ~/Desktop/OS3/SourceCode
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ make all
make -C /lib/modules/$(uname -r) /build M=pwd
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
LD /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/built-in.o
CC [M] /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.o
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
CC /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.mod.o
LD [M] /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
cc Test.c -o Test
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$

```

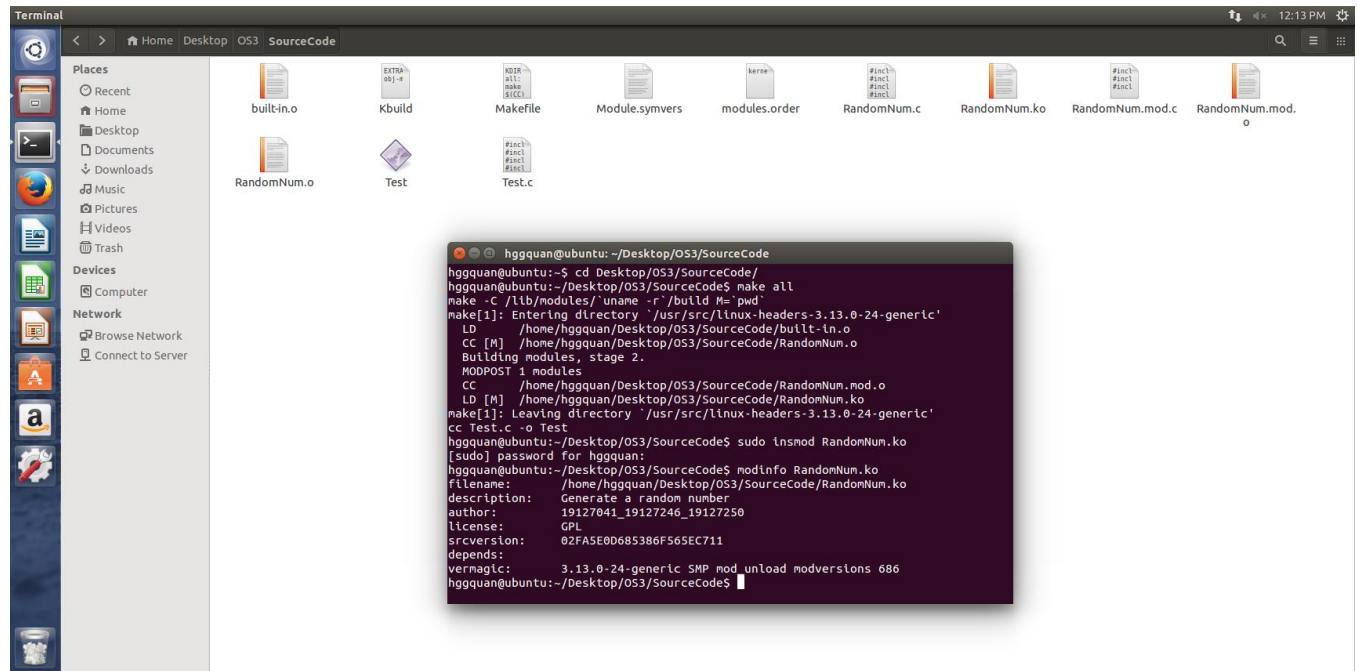
Lắp module vào kernel bằng lệnh insmod.

```

hggquan@ubuntu: ~/Desktop/OS3/SourceCode
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ make all
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ make all
make -C /lib/modules/$(uname -r) /build M=pwd
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
LD /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/built-in.o
CC [M] /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.o
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
CC /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.mod.o
LD [M] /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
cc Test.c -o Test
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo insmod RandomNum.ko
[sudo] password for hggquan:
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$

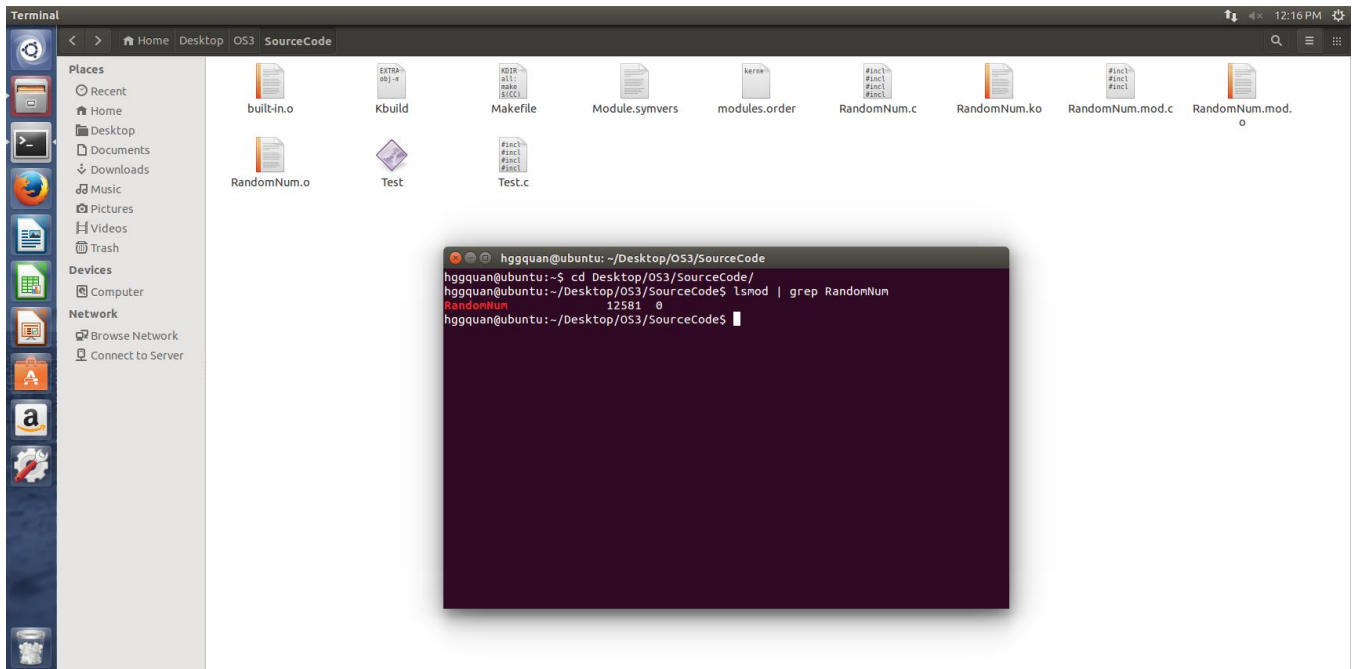
```

Kiểm tra thông tin của file RandomNum.ko bằng lệnh modinfo.



```
hggquan@ubuntu: ~/Desktop/OS3/SourceCode
hggquan@ubuntu:~$ cd Desktop/OS3/SourceCode/
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ make all
make -C /lib/modules/`uname -r`/build M=`pwd`
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
LD /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/built-ln.o
CC [M] /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.o
building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
CC /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.mod.o
LD [M] /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
cc Test.c -o Test
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo lsmod RandomNum.ko
[sudo] password for hggquan:
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ modinfo RandomNum.ko
filename: /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/RandomNum.ko
description: Generate a random number
author: 19127041_19127246_19127250
license: GPL
srcversion: 02FA5E0D685386F565EC711
depends:
vermagic: 3.13.0-24-generic SMP mod_unload modversions 686
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$
```

Kiểm tra module đã được load thành công chưa bằng lệnh lsmod.



```
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode
hggquan@ubuntu:~$ cd Desktop/OS3/SourceCode/
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ lsmod | grep RandomNum
RandomNum      12581  0
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$
```


Chạy file thực thi Test để mở file thiết bị, thực hiện sinh số ngẫu nhiên và đóng file thiết bị bằng lệnh `sudo ./Test`. Kết quả chạy thành công.

```

hggquan@ubuntu: ~/Desktop/OS3/SourceCode
- Open character device file successfully!
- Random number generated by character device is : 268
- Close character device file successfully!
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ ./Test
- Open character device file successfully!
- Random number generated by character device is : 339
- Close character device file successfully!
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo ./Test
- Open character device file successfully!
- Random number generated by character device is : -26
- Close character device file successfully!
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo ./Test
- Open character device file successfully!
- Random number generated by character device is : 107
- Close character device file successfully!
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo ./Test
- Open character device file successfully!
- Random number generated by character device is : 466
- Close character device file successfully!
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo ./Test
- Open character device file successfully!
- Random number generated by character device is : 291
- Close character device file successfully!
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$

```

Kiểm tra quá trình hoạt động của module bằng lệnh `dmesg`.

```

hggquan@ubuntu: ~/Desktop/OS3/SourceCode
[ 2714.076072] pcnet32 0000:02:01.0 eth0: link down
[ 2719.085137] IPv6: ADDRCONF(NETDEV_UP): eth0: link is not ready
[ 2726.271894] pcnet32 0000:02:01.0 eth0: link up
[ 2726.271968] IPv6: ADDRCONF(NETDEV_CHANGE): eth0: link becomes ready
[ 2205.426613] Driver: ofcd unregistered
[ 7037.446019] Hello: ofcd registered-c6[ 7322.611425] Driver: open()
[ 7322.611529] Driver: close()
[ 7328.102903] Driver: open()
[ 7328.103007] Driver: close()
[ 7332.880969] Driver: open()
[ 7332.880969] Driver: close()
[ 7454.540075] Driver: open()
[ 7454.540171] Driver: close()
[ 7459.699249] Driver: open()
[ 7459.699394] Driver: close()
[ 7463.826783] Driver: open()
[ 7463.826883] Driver: close()
[ 7467.322562] Driver: open()
[ 7467.322624] Driver: close()
[ 7470.980627] Driver: open()
[ 7470.980688] Driver: close()
[ 7476.077536] Driver: open()
[ 7476.077702] Driver: close()
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$

```


Tháo module ra khỏi kernel bằng lệnh `rmmod` và thực hiện kiểm tra module đã được tháo ra khỏi kernel chưa bằng lệnh `lsmod`. Cuối cùng thực hiện `make clean` các file đã biên dịch.

```

hggquan@ubuntu: ~/Desktop/OS3/SourceCode
[ 7332.888969] Driver: open()
[ 7332.889069] Driver: close()
[ 7454.540075] Driver: open()
[ 7454.540171] Driver: close()
[ 7459.699249] Driver: open()
[ 7459.699394] Driver: close()
[ 7463.826783] Driver: open()
[ 7463.826883] Driver: close()
[ 7467.322562] Driver: open()
[ 7467.322624] Driver: close()
[ 7470.980627] Driver: open()
[ 7470.980688] Driver: close()
[ 7476.077536] Driver: open()
[ 7476.077702] Driver: close()
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ sudo rmmod RandomNum
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ lsmod | grep RandomNum
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$ make clean
make -C /lib/modules/`uname -r`/build M=`pwd` clean
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
CLEAN /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/.tmp_versions
CLEAN /home/hggquan/Desktop/OS3/SourceCode/Module.symvers
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-3.13.0-24-generic'
rm Test
hggquan@ubuntu:~/Desktop/OS3/SourceCode$
  
```

3 CÔNG CỤ HỖ TRỢ VÀ TÀI LIỆU THAM KHẢO.

3.1. CÔNG CỤ HỖ TRỢ

Ubuntu 14.04

Vmware Workstation

3.2. TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu của thầy Phạm Tuấn Sơn:

[[Hướng dẫn lập trình Linux Kernel ModulesFile](#)]

[<https://vimentor.com/vi/lesson/gioi-thieu-ve-linux-kernel-1>]

[<https://github.com/84436/OS-Project-02>]