

به نام خدا

گزارش آزمایش ۲

برنامه‌نویسی واحدهای هسته لینوکس

تاریخ: ۱۴۰۰/۷/۲۸

استاد درس: سرکارخانم علیزاده

تهیه کننده: روزینا کاشفی

بخش اول

هدف این آزمایش ساختن یک ماژول کرنل هست و بتوانیم آن را در هسته سیستم عامل قرار دهیم.
1. ابتدا اگر دستور lsmod را بزنیم تمامی ماژول های موجود در هسته را نشان میدهد.

```
rojina@ubuntu: ~/Desktop/az2
rojina@ubuntu:~$ cd ~/Desktop/az2
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ ls -l
total 8
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 521 Oct 19 01:09 file.c
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 183 Oct 19 01:24 Makefile
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ lsmod
Module                  Size      Used by
nls_utf8                16384      1
iso9660                 49152      2
rfcomm                  81920      4
bnep                    24576      2
nls_iso8859_1           16384      1
intel_rapl_msrm         20480      0
intel_rapl_common       24576      1 intel_rapl_msrm
crct10dif_pclmul        16384      1
snd_ens1371             32768      2
ghash_clmulni_intel     16384      0
snd_ac97_codec          139264      1 snd_ens1371
aesni_intel             372736      0
gameport               20480      1 snd_ens1371
vmw_balloon            24576      0
ac97_bus                16384      1 snd_ac97_codec
snd_pcm                114688      2 snd_ac97_codec,snd_ens1371
crypto_simd             16384      1 aesni_intel
cryptd                  24576      2 crypto_simd,ghash_clmulni_intel
glue_helper             16384      1 aesni_intel
rapl                    20480      0
snd_seq_midi            20480      0
snd_seq_midi_event      16384      1 snd_seq_midi
```

این فرمان، ماژولهای فعلی هسته را در سه ستون فهرست میکند که عبارتند از نام، اندازه و جایی که ماژول استفاده میشود.

2. سپس یک فایل با پسوند .c درست میکنیم و سپس و کاری که می خواهیم ماژول ما انجام دهد را مشخص میکنیم.

```
1 #include <linux/init.h>
2 #include <linux/kernel.h>
3 #include <linux/module.h>
4 /* this function is called when the module is loaded */
5 int simple_init(void)
6 {
7     printk(KERN_INFO "Loading Module\n");
8     return 0;
9 }
10 /* this function is called when the module is removed */
11 void simple_exit(void)
12 {
13     printk(KERN_INFO "Removing Module\n");
14 }
15 /* Macros for registering module entry and exit points. */
16 module_init(simple_init);
17 module_exit(simple_exit);
18 MODULE_LICENSE("GPL");
19 MODULE_DESCRIPTION("simple module");
20 MODULE_AUTHOR("SGG");
```

تابع simple_init، نقطه ورود ماژول است که معرف تابعی است که موقع بارگذاری ماژول در هسته احضار میشود. تابع نقطه ورود ماژول باید یک مقدار صحیح برگرداند، صفر معرف موفقیتآمیز بودن عملیات و مقادیر دیگر معرف خطا است.

به طور مشابه تابع simple_exit نقطه خروج ماژول است که موقع حذف ماژول از هسته فراخوانی میشود. تابع نقطه خروج ماژول، void برمیگرداند. به هیچ یک از نقاط ورود یا خروج ماژول پارامتری ارسال نمیشود.

دو ماکروی زیر برای ثبت نقاط ورود و خروج ماژول در هسته استفاده میشوند:

module_init() و module_exit()

3. قدم بعدی درست کردن فایل Makefile است که به دستور make نشان میدهد در کجا ماژول را بارگزاری کند و چگونه فایل هایی که درست کرده است را پاک کند.

```
KERNELDIR=/lib/modules/$(shell uname -r)/build

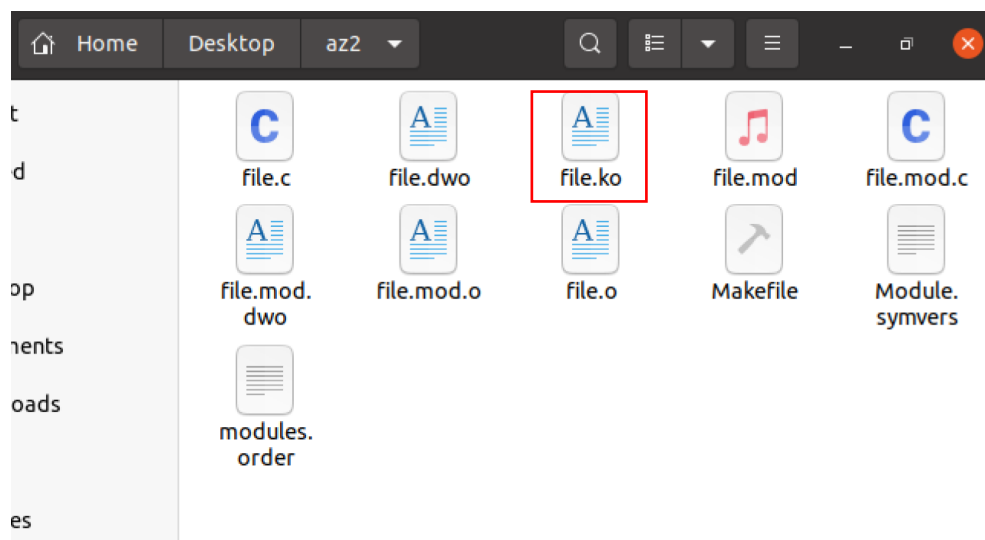
#MODULES = file.ko
obj-m += file.o

all:
    make -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) modules

clean:
    make -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) clean

~
~
~
```

4. سپس دستور make را اجرا میکنیم و باعث ساختن فایل های کمکی زیادی میشود و اگر فولدر تشکیل شده را ببینیم، مشاهده می کنیم:



فایل file.ko معرف
ماژول هسته کامپایل
شده است. مرحله
بعدي، درج این ماژول
را در هسته لینوکس
روشن میسازد.

5. مرحله بعدی، درج این ماژول را که در هسته لینوکس روشن میسازد و با استفاده دستور insmod اتفاق می افتد.

```
rojina@ubuntu: ~/Desktop/az2
ip_tables 32768 0
x_tables 49152 1 ip_tables
autofs4 45056 2
hid_generic 16384 0
usbhid 57344 0
hid 135168 2 usbhid,hid_generic
crc32_pclmul 16384 0
mptspi 24576 2
mptscsih 45056 1 mptspi
psmouse 155648 0
mptbase 98304 2 mptspi,mptscsih
e1000 143360 0
scsi_transport_spl 32768 1 mptspi
ahci 40960 2
libahci 36864 1 ahci
l2c_p11x4 28672 0
pata_acpi 16384 0
floppy 86016 0
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ make
make -C /lib/modules/5.11.0-38-generic/build M=/home/rojina/Desktop/az2 modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.11.0-38-generic'
CC [M] /home/rojina/Desktop/az2/file.o
MODPOST /home/rojina/Desktop/az2/Module.symvers
CC [M] /home/rojina/Desktop/az2/file.mod.o
LD [M] /home/rojina/Desktop/az2/file.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.11.0-38-generic'
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ sudo insmod file.ko
[ Show Applications for rojina:
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$
```

6. نقطه ورود ماژول در موقع درج ماژول در هسته احضار میشود. برای بررسی محتوی این پیغام در بافر سابقه هسته، فرمان dmesg استفاده میشود.

```
119.856915] audit: type=1400 audit(1634701815.036:63): apparmor="DENIED" operation="open" profile="snap.snap-store.ubuntu-software" name="/etc/PackageKit/Vendor.conf" pid=1903 comm="snap-store" requested_mask="r" denied_mask="r" fsuid=1000 ouid=0
123.549848] systemd-rc-local-generator[2271]: /etc/rc.local is not marked executable, skipping.
124.283694] systemd-rc-local-generator[2310]: /etc/rc.local is not marked executable, skipping.
329.880507] hrtimer: interrupt took 21239344 ns
574.622038] file: loading out-of-tree module taints kernel.
574.622080] file: module verification failed: signature and/or required key missing - tainting kernel
574.622602] Loading Module
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$
```

7. به منظور برداشتن ماژول هسته، فرمان sudo rmmod file استفاده میشود:

```
329.880507] hrtimer: interrupt took 21239344 ns
574.622038] file: loading out-of-tree module taints kernel.
574.622080] file: module verification failed: signature and/or required key missing - tainting kernel
574.622602] Loading Module
703.532054] Removing Module
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$
```

```
missing - tainting kernel
574.622602] Loading Module
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ sudo rmmod file
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ dmesg
```

برای مشاهده محتوا از dmesg استفاده میکنیم.

8. چون بافر سابقه هسته میتواند به سرعت پر شود، بهتر است که به تناوب بافر را خالی شود. این کار میتواند به صورت `sudo dmesg -c` انجام میشود و پس از آن محتوا بافر خالی میشود و اگر دستور `dmesg` بزنیم خالی میماند.

9. حال در مرحله آخر اگر `makeclean` بزنیم همه فایل های کمکی ساخته شده پاک میشود.

```
missing - tainting kernel
[ 574.622602] Loading Module
[ 703.532054] Removing Module
[ 1007.674584] sched: RT throttling activated
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ sudo dmesg -c
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ dmesg
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ ls -l
total 200
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 521 Oct 19 01:09 file.c
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 60632 Oct 19 20:55 file.dwo
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 26424 Oct 19 20:55 file.ko
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 33 Oct 19 20:55 file.mod
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 769 Oct 19 20:55 file.mod.c
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 60968 Oct 19 20:55 file.mod.dwo
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 14304 Oct 19 20:55 file.mod.o
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 14136 Oct 19 20:55 file.o
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 183 Oct 19 01:24 Makefile
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 33 Oct 19 20:55 modules.order
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 0 Oct 19 20:55 Module.symvers
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ make clean
make -C /lib/modules/5.11.0-38-generic/build M=/home/rojina/Desktop/az2 clean
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.11.0-38-generic'
CLEAN /home/rojina/Desktop/az2/Module.symvers
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.11.0-38-generic'
rojina@ubuntu:~/Desktop/az2$ ls -l
total 8
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 521 Oct 19 01:09 file.c
-rw-rw-r-- 1 rojina rojina 183 Oct 19 01:24 Makefile
```

با دستور زده شده محتوا
بافر پاک میشود

فایل های جانبی موجود
حذف شد