

Embedded System Software

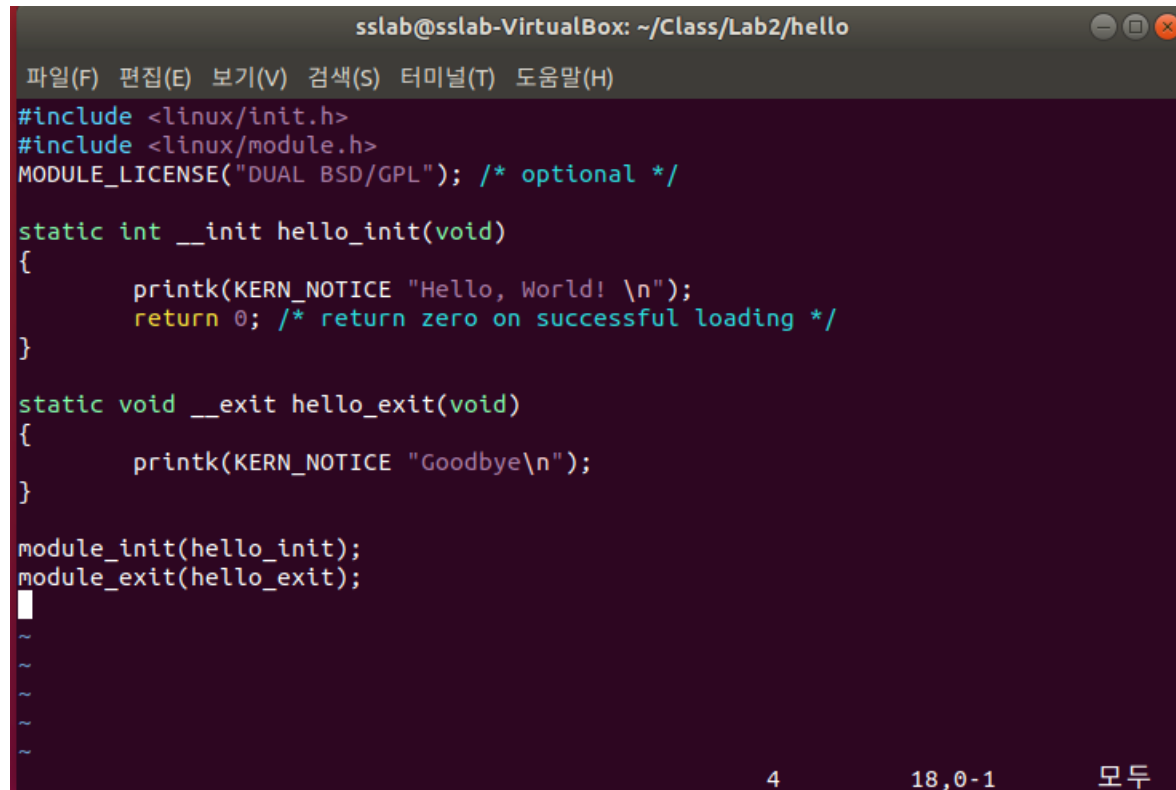
Lab 2: Loadable Kernel Modules (1)

Hyun-Wook Jin
System Software Laboratory
Department of Computer Science & Engineering
Konkuk University
jinh@konkuk.ac.kr



Exercise #1 Hello World

- hello.c 작성
 - \$vi hello.c



```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/hello
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
MODULE_LICENSE("DUAL BSD/GPL"); /* optional */

static int __init hello_init(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Hello, World! \n");
    return 0; /* return zero on successful loading */
}

static void __exit hello_exit(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Goodbye\n");
}

module_init(hello_init);
module_exit(hello_exit);
~
~
~
~
~
4 18,0-1 모두
```



Exercise #1 Hello World

- Makefile 작성
 - \$ vi Makefile

```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/hello
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
obj-m := hello.o

KERNELDIR := /lib/modules/$(shell uname -r)/build
PWD := $(shell pwd)

default:
    $(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) modules
clean:
    $(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) clean

"Makefile" 10L, 188C 10,0-1 모두
```



Exercise #1 Hello World

- 컴파일을 위한 패키지 설치 (Optional)
 - \$sudo apt-get install -y build-essential linux-headers-\$(uname -r)
- 현재 커널 버전 확인
 - \$ uname -r

```
sslab@sslab-VirtualBox:~$ uname -r  
4.15.0-29-generic
```

Exercise #1 Hello World

- 모듈 컴파일

- Makefile과 모듈 코드(hello.c)가 위치한 경로에서 `$make`
- `.ko` 파일 생성

- 모듈 삽입

- `$sudo insmod hello.ko`
- `$dmesg` 명령어로 로그 확인

- 모듈 삭제

- `$sudo rmmod hello.ko`
- `$dmesg` 명령어로 로그 확인

- 컴파일 생성 파일 삭제 (Optional)

- `$make clean`

Exercise #1 Hello World

- 모듈 컴파일
 - \$make
- 모듈 삽입
 - \$sudo insmod hello.ko
 - \$dmesg
- 모듈 해제
 - \$sudo rmmod hello(.ko)
 - \$dmesg
- 컴파일 생성 파일 삭제
 - \$make clean

```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/hello
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ make
make -C /lib/modules/4.15.0-29-generic/build M=/home/sslab/Class/Lab2/hello modu
les
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 들어감
Makefile:976: "Cannot use CONFIG_STACK_VALIDATION=y, please install libelf-dev,
libelf-devel or elfutils-libelf-devel"
CC [M] /home/sslab/Class/Lab2/hello/hello.o
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
CC /home/sslab/Class/Lab2/hello/hello.mod.o
LD [M] /home/sslab/Class/Lab2/hello/hello.ko
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 나감
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ ls
Makefile      hello.c      hello.mod.c  hello.mod.o
Module.symvers hello.ko     hello.mod.o  modules.order
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ sudo insmod hello.ko
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ dmesg | tail --lines=1
[ 340.018220] Hello, World!
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ sudo rmmod hello
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ dmesg | tail --lines=2
[ 340.018220] Hello, World!
[ 357.043698] Goodbye
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ make clean
make -C /lib/modules/4.15.0-29-generic/build M=/home/sslab/Class/Lab2/hello clea
n
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 들어감
CLEAN /home/sslab/Class/Lab2/hello/.tmp_versions
CLEAN /home/sslab/Class/Lab2/hello/Module.symvers
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 나감
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$ ls
Makefile      hello.c
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/hello$
```

Exercise #2 Debug Mode

- debug.c 작성
 - \$vi debug.c

```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/debug
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>
MODULE_LICENSE("DUAL BSD/GPL"); /* optional */

#ifdef MY_DEBUG
#define DEBUG_MSG(fmt, args...) \
    printk(KERN_DEBUG "MYDEBUG: " fmt, ##args);
#else
#define DEBUG_MSG(fmt, args...)
#endif

static int __init debug_init(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Debug init\n");
    DEBUG_MSG("Hello debug world!\n");
    return 0; /* return zero on successful loading */
}

static void __exit debug_exit(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Debug exit\n");
}

module_init(debug_init);
module_exit(debug_exit);
```

1,23 꼭대기

Exercise #2 Debug Mode

- Makefile 작성
 - \$ vi Makefile

[illegible]



Exercise #2 Debug Mode

- 모듈 컴파일
 - \$make
 - \$make debug

```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/debug
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ make
make -C /lib/modules/4.15.0-29-generic/build M=/home/sslab/Class/Lab2/debug modules
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 들어감
Makefile:976: "Cannot use CONFIG_STACK_VALIDATION=y, please install libelf-dev,
libelf-devel or elfutils-libelf-devel"
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 나감
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ sudo insmod debug.ko
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ sudo rmmod debug
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ dmesg | tail --lines=2
[ 3619.676974] Debug init
[ 3624.083237] Debug exit
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ make debug
make EXTRA_CFLAGS=-DMY_DEBUG -C /lib/modules/4.15.0-29-generic/build M=/home/sslab/Class/Lab2/debug modules
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 들어감
Makefile:976: "Cannot use CONFIG_STACK_VALIDATION=y, please install libelf-dev,
libelf-devel or elfutils-libelf-devel"
CC [M] /home/sslab/Class/Lab2/debug/debug.o
Building modules, stage 2.
MODPOST 1 modules
CC /home/sslab/Class/Lab2/debug/debug.mod.o
LD [M] /home/sslab/Class/Lab2/debug/debug.ko
make[1]: 디렉터리 '/usr/src/linux-headers-4.15.0-29-generic' 나감
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ sudo insmod debug.ko
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ sudo rmmod debug
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/debug$ dmesg | tail --lines=3
[ 3657.755050] Debug init
[ 3657.755051] MYDEBUG: Hello debug world!
[ 3661.677616] Debug exit
```

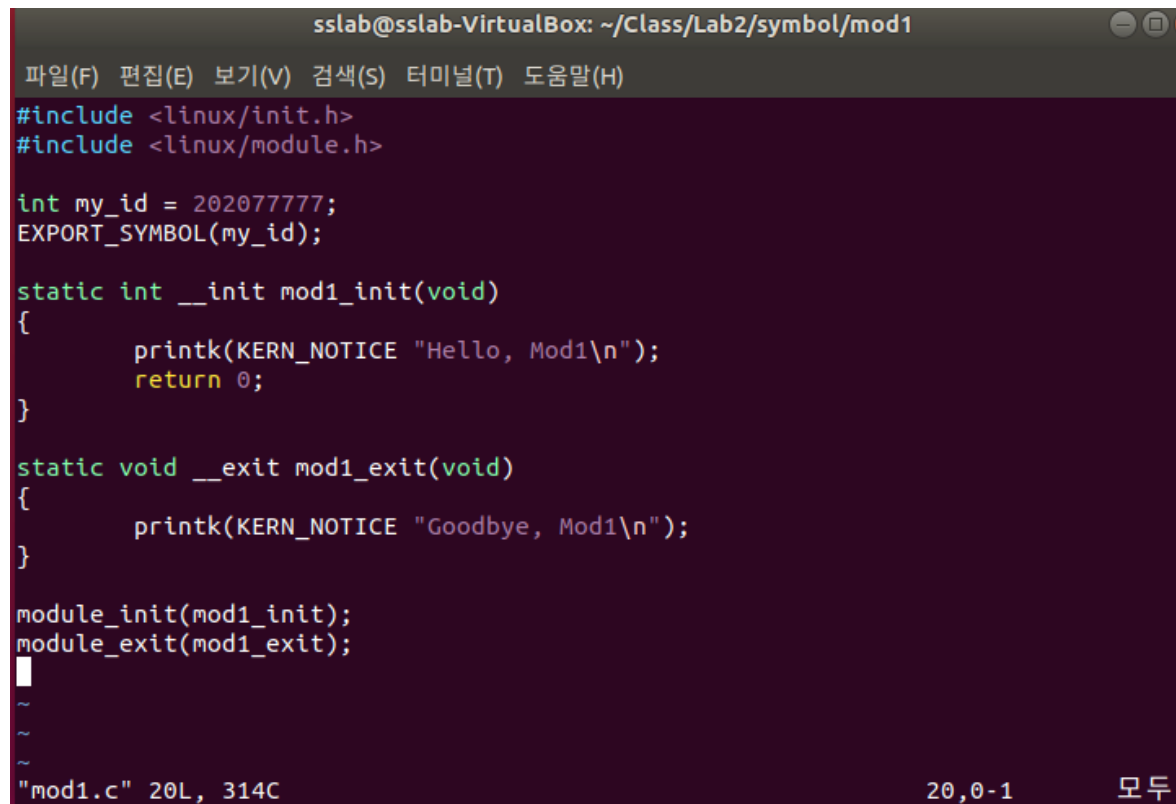
Embedded System Software

Lab 2: Loadable Kernel Modules (2)

Hyun-Wook Jin
System Software Laboratory
Department of Computer Science & Engineering
Konkuk University
jinh@konkuk.ac.kr

Exercise #3 Export Symbol

- mod1.c 작성
 - \$vi mod1.c



```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/symbol/mod1
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>

int my_id = 202077777;
EXPORT_SYMBOL(my_id);

static int __init mod1_init(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Hello, Mod1\n");
    return 0;
}

static void __exit mod1_exit(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Goodbye, Mod1\n");
}

module_init(mod1_init);
module_exit(mod1_exit);
~
~
~
"mod1.c" 20L, 314C                                20,0-1    모두
```

Exercise #3 Export Symbol

- Mod1 을 위한 Makefile 작성
 - \$vi Makefile

```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/symbol/mod1
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
obj-m := mod1.o

KERNELDIR := /lib/modules/$(shell uname -r)/build
PWD := $(shell pwd)

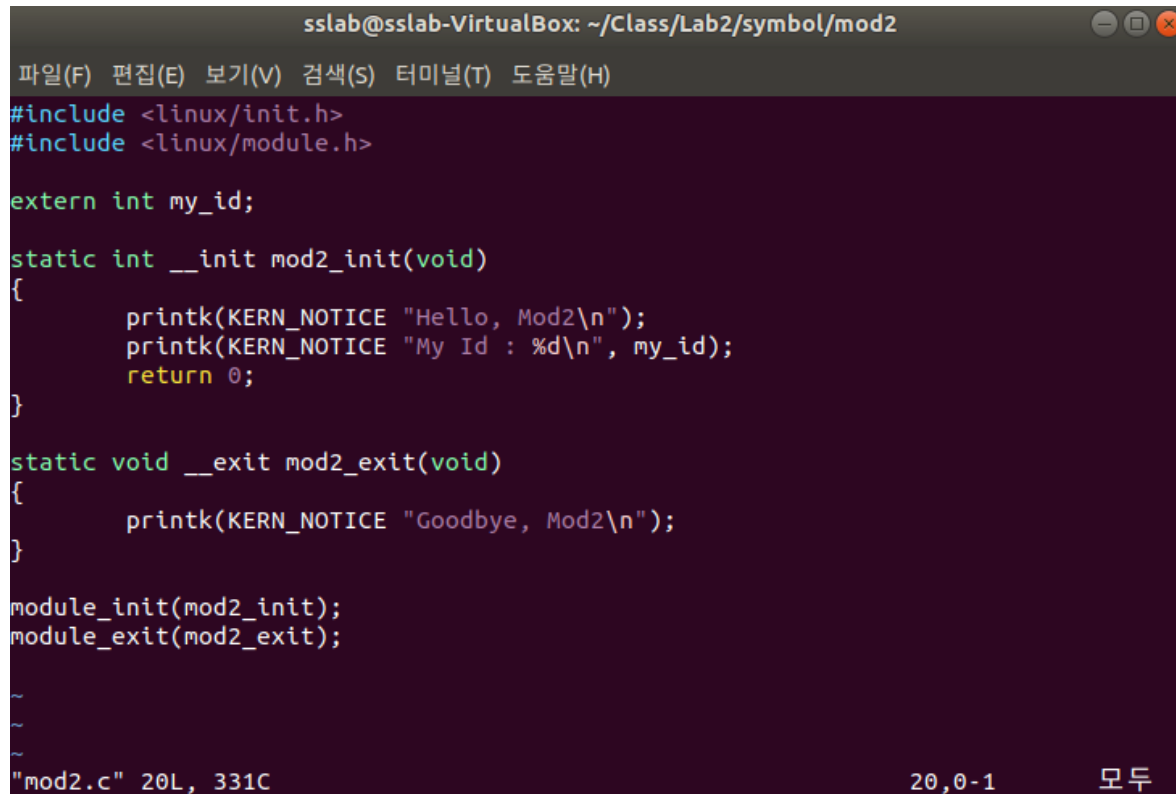
default:
    $(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) modules

clean:
    $(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) clean
```

"Makefile" 10L, 187C 10,0-1 모두

Exercise #3 Export Symbol

- mod2.c 작성
 - \$vi mod2.c



```
sslslab@sslslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/symbol/mod2
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
#include <linux/init.h>
#include <linux/module.h>

extern int my_id;

static int __init mod2_init(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Hello, Mod2\n");
    printk(KERN_NOTICE "My Id : %d\n", my_id);
    return 0;
}

static void __exit mod2_exit(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "Goodbye, Mod2\n");
}

module_init(mod2_init);
module_exit(mod2_exit);

~
~
~
"mod2.c" 20L, 331C                                20,0-1    모두
```

Exercise #3 Export Symbol

- Mod2 을 위한 Makefile작성
 - \$vi Makefile

[illegible]



Exercise #3 Export Symbol

- 모듈 컴파일
 - mod1, mod2 디렉토리에서 각각 make
- 모듈 적재

```
sslab@sslab-VirtualBox: ~/Class/Lab2/symbol
파일(F) 편집(E) 보기(V) 검색(S) 터미널(T) 도움말(H)
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ sudo insmod mod2/mod2.ko
insmod: ERROR: could not insert module mod2/mod2.ko: Unknown symbol in module
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ sudo insmod mod1/mod1.ko
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ cat /proc/kallsyms | grep my_id
0000000000000000 r dummy_id
0000000000000000 r __ksymtab_my_id [mod1]
0000000000000000 r __kstrtab_my_id [mod1]
0000000000000000 D my_id [mod1]
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ sudo insmod mod2/mod2.ko
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ sudo rmmod mod1
rmmod: ERROR: Module mod1 is in use by: mod2
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ sudo rmmod mod2
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ sudo rmmod mod1
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$ dmesg | tail --lines=6
[ 1653.239490] mod2: Unknown symbol my_id (err 0)
[ 1657.467008] Hello, Mod1
[ 1698.368609] Hello, Mod2
[ 1698.368611] My Id : 202077777
[ 1715.402687] Goodbye, Mod2
[ 1718.007897] Goodbye, Mod1
sslab@sslab-VirtualBox:~/Class/Lab2/symbol$
```



Challenge #1

- Export set_my_id() and get_my_id() functions

- 첫 번째 모듈: ch1_mod1_학번.c

- static int my_id; /* global Variable */
- int get_my_id(void)
 - return : my_id
- int set_my_id(int id)
 - return : 1 (success) or 0 (fail)

- 두 번째 모듈: ch1_mod2_학번.c

- ID (자신의 학번) 설정 후 출력

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

extern int get_my_id(void);
extern int set_my_id(int id);

static int __init ch2_mod2_init(void)
{
    printk(KERN_NOTICE "My Id : %d\n", get_my_id());
    set_my_id(202088888); /* Insert 학번 */
    printk(KERN_NOTICE "My Id : %d\n", get_my_id());
    return 0;
}

static void __exit ch2_mod2_exit(void)
{
}

module_init(ch2_mod2_init);
module_exit(ch2_mod2_exit);
```


Challenge #1

- 제출 양식 및 기한
 - 소스코드 파일을 ecampus에 제출 (without Makefile)
 - 모듈 코드 파일 : ch1_mod1_학번.c, ch1_mod2_학번.c
 - 기한 : 3월 15일 (수) 오후 11시 59분