

# Λειτουργικά Συστήματα

## Δραστηριότητα 2<sup>η</sup> : Βασική Διαχείριση Μνήμης στο Linux Kernel

**Ονοματεπώνυμο:** Στεφανιώρος Μιχαήλ

**ΑΜ:** 1072774

**Έτος:** 4<sup>ο</sup>

### Άσκηση 1<sup>η</sup>

- 1) **kmalloc:** Η kmalloc είναι μια συνάρτηση πυρήνα εκχώρησης μνήμης στον πυρήνα του Linux. Χρησιμοποιείται για δυναμική δέσμευση μνήμης στο χώρο του πυρήνα. Η kmalloc παίρνει δύο ορίσματα: το μέγεθος του μπλοκ μνήμης που θα δεσμευτεί και την προτεραιότητα του μπλοκ μνήμης. Η προτεραιότητα του μπλοκ μνήμης χρησιμοποιείται από τον πυρήνα για να καθορίσει ποιο μπλοκ μνήμης θα πρέπει να επιστραφεί πρώτο όταν ο πυρήνας εξαντληθεί από μνήμη. Τέλος, η kmalloc δεν είναι κατάλληλη για δέσμευση μεγάλης μνήμης ή μνήμης που θα χρησιμοποιηθεί από πολλές διεργασίες ταυτόχρονα.
- 2) **kfree:** Η kfree είναι μια συνάρτηση πυρήνα αποδέσμευσης μνήμης στον πυρήνα του Linux. Χρησιμοποιείται για την απελευθέρωση της μνήμης που έχει δεσμευτεί προηγουμένως χρησιμοποιώντας την kmalloc. Η kfree παίρνει ένα μόνο όρισμα, το οποίο είναι ο δείκτης στο μπλοκ μνήμης που πρόκειται να ελευθερωθεί. Χρησιμοποιείται αυτή και όχι η free, διότι οι kmalloc και kfree είναι συναρτήσεις σε επίπεδο πυρήνα.
- 3) **get\_free\_pages:** Η get\_free\_pages είναι μια συνάρτηση πυρήνα στο λειτουργικό σύστημα Linux που χρησιμοποιείται για την

εκχώρηση ενός συνεχόμενου μπλοκ σελίδων μνήμης. Η συνάρτηση ορίζεται στο αρχείο `mm/page_alloc.c`.

- 4) **atomic\_t**: Στον πυρήνα του Linux, το `atomic_t` είναι ένας τύπος δεδομένων που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό μεταβλητών στις οποίες έχουν πρόσβαση και τροποποιούνται από πολλά νήματα ή διεργασίες ταυτόχρονα και πρέπει να προστατεύονται από race conditions.
- 5) **atomic\_read**: Η `atomic_read` είναι μια μακροεντολή η οποία διαβάζει μια `atomic_t` μεταβλητή με ατομικό τρόπο. Η μακροεντολή ορίζεται στο αρχείο `<asm/atomic.h>` και η υλοποίησή της είναι συγκεκριμένη για την αρχιτεκτονική. Η `atomic_read` παίρνει ένα μόνο όρισμα, το οποίο είναι δείκτης σε μια `atomic_t` μεταβλητή και επιστρέφει την τρέχουσα τιμή της μεταβλητής. Η επιστρεφόμενη τιμή είναι εγγυημένη ότι είναι ατομική, που σημαίνει ότι η λειτουργία είναι σίγουρα αδιάκοπη από άλλα νήματα ή διεργασίες.

## Άσκηση 2<sup>η</sup>

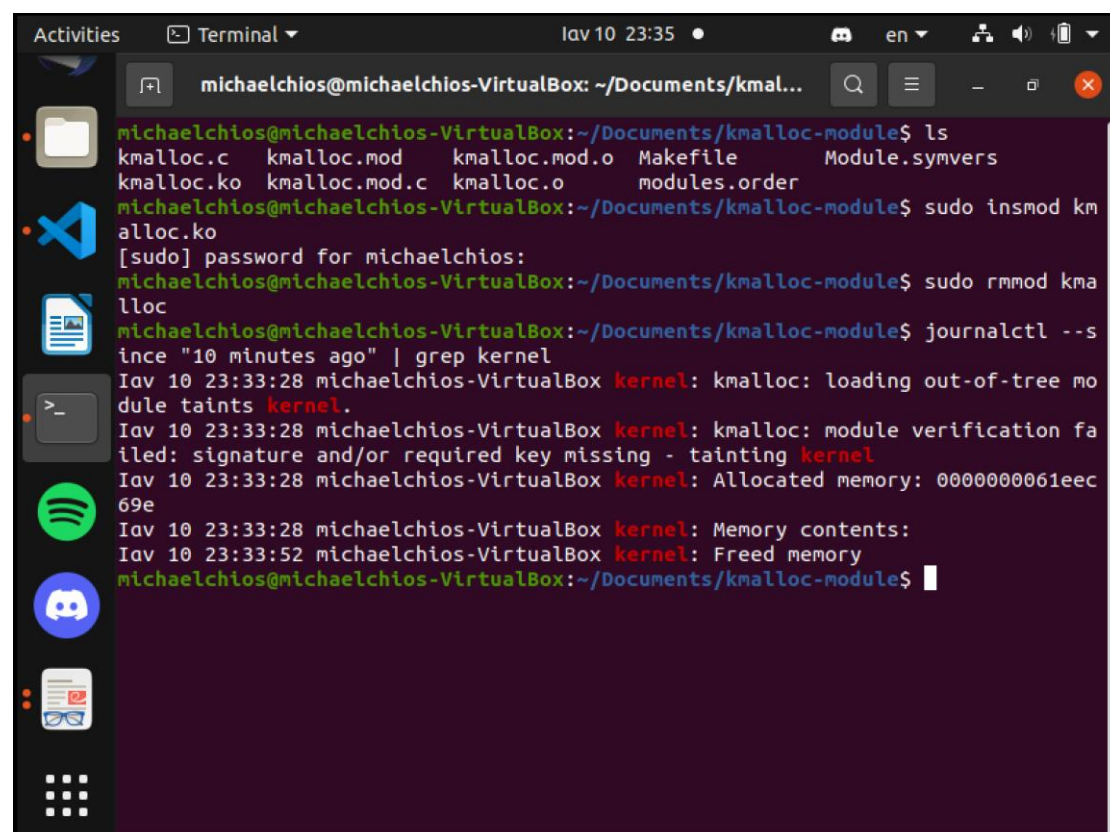
```
1  #include <linux/module.h>
2  #include <linux/kernel.h>
3  #include <linux/init.h>
4  #include <linux/slab.h>
5
6  MODULE_LICENSE("GPL");
7  MODULE_AUTHOR("Michael Stefanioros");
8  MODULE_DESCRIPTION("A simple kernel module that allocates and");
9
10 static char *memory;
11
12 static int my_init(void){
13     memory = kmalloc(4096, GFP_KERNEL);
14     if (!memory) {
15         return -ENOMEM;
16     }
17
18     printk(KERN_INFO "Allocated memory: %p\n", memory);
19     printk(KERN_INFO "Memory contents: %s\n", memory);
20
21     return 0;
```

Στην `my_init` γίνεται δυναμική δέσμευση μνήμης χρησιμοποιώντας την `kmalloc`, όπως αναφέρεται και στην εκφώνηση. Έπειτα, γίνεται και ένας

έλεγχος για το αν τελικά δεσμεύτηκε η μνήμη. Το -ENOMEM είναι ένα error του Linux Kernel και δείχνει ότι δεν υπάρχει αρκετή μνήμη για χρήση.

```
21     return 0;
22 }
23
24 static void my_exit(void){
25     kfree(memory);
26     printk(KERN_INFO "Freed memory\n");
27 }
28
29 module_init(my_init);
30 module_exit(my_exit);
```

Τέλος, στην my\_exit γίνεται απελευθέρωση της δεσμευμένης μνήμης με την kfree.



```
Activities Terminal ▾ Iav 10 23:35 ● en ▾
michaelchios@michaelchios-VirtualBox: ~/Documents/kmal...

michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/kmalloc-module$ ls
kmalloc.c  kmalloc.mod  kmalloc.mod.o  Makefile  Module.symvers
kmalloc.ko  kmalloc.mod.c  kmalloc.o  modules.order

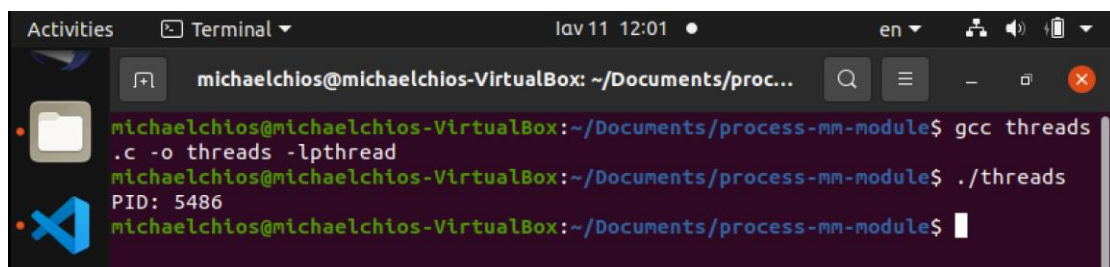
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/kmalloc-module$ sudo insmod km
alloc.ko
[sudo] password for michaelchios:
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/kmalloc-module$ sudo rmmod kma
lloc
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/kmalloc-module$ journalctl --s
ince "10 minutes ago" | grep kernel
Iav 10 23:33:28 michaelchios-VirtualBox kernel: kmalloc: loading out-of-tree mo
dule taints kernel.
Iav 10 23:33:28 michaelchios-VirtualBox kernel: kmalloc: module verification fa
iled: signature and/or required key missing - tainting kernel
Iav 10 23:33:28 michaelchios-VirtualBox kernel: Allocated memory: 0000000061eec
69e
Iav 10 23:33:28 michaelchios-VirtualBox kernel: Memory contents:
Iav 10 23:33:52 michaelchios-VirtualBox kernel: Freed memory
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/kmalloc-module$
```

## Άσκηση 3<sup>η</sup>

Στον παρακάτω κώδικα, στο πλαίσιο TODO, ορίζεται το πεδίο mm του task struct και στην συνέχεια για να το τυπώσω, χρησιμοποιώ την συνάρτηση atomic\_read επειδή πρόκειται για μεταβλητή τύπου atomic\_t.

```
30
31     if (task){
32         /* TODO: print the number of processes accessing the p
33         struct mm_struct *mm = task->mm;
34         printk("pid: %d, name: %s\n, mm_users_count: %d\n",
35             task->pid, task->comm, atomic_read(&mm->mm_count));
36     }
37
```

Στην συνέχεια, εκτελώντας το αρχείο threads.c της εκφώνησης, τυπώνεται το PID της διεργασίας.



```
Activities Terminal lav 11 12:01 en
michaelchios@michaelchios-VirtualBox: ~/Documents/proc...
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ gcc threads
.c -o threads -lpthread
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ ./threads
PID: 5486
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$
```

Αυτό το PID πρέπει να προστεθεί στην εντολή φόρτωσης του module ώστε το module να πάρει πληροφορίες για την συγκεκριμένη διεργασία.



```
Activities Terminal Iav 11 12:02 en
michaelchios@michaelchios-VirtualBox: ~/Documents/proc...

michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ make
make -C /lib/modules/5.15.0-56-generic/build M=/home/michaelchios/Documents/process-mm-module modules
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.15.0-56-generic'
CC [M] /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/process-mm-module.o
MODPOST /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/Module.symvers
CC [M] /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/process-mm-module.mod.o
LD [M] /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/process-mm-module.ko
BTF [M] /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/process-mm-module.ko
Skipping BTF generation for /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/process-mm-module.ko due to unavailability of vmlinux
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.15.0-56-generic'
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ sudo insmod
process-mm-module.ko PID=$$5486
[sudo] password for michaelchios:
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ sudo rmmod
process-mm-module
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ journalctl
--since "10 minutes ago" | grep kernel
Iav 11 11:55:45 michaelchios-VirtualBox kernel: SGI XFS with ACLs, security attributes, realtime, quota, no debug enabled
Iav 11 11:55:45 michaelchios-VirtualBox kernel: JFS: nTxBlock = 8192, nTxLock = 65536
Iav 11 11:55:45 michaelchios-VirtualBox kernel: ntfs: driver 2.1.32 [Flags: R/O MODULE].
Iav 11 11:55:45 michaelchios-VirtualBox kernel: QNX4 filesystem 0.2.3 registered.
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x4 gen() 25480 MB/
```

```
Activities Terminal Iav 11 12:03 en
michaelchios@michaelchios-VirtualBox: ~/Documents/proc...

Iav 11 11:55:45 michaelchios-VirtualBox kernel: QNX4 filesystem 0.2.3 registered.
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x4 gen() 25480 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x4 xor() 12617 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x2 gen() 25065 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x2 xor() 14963 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x1 gen() 21749 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x1 xor() 12662 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x4 gen() 10879 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x4 xor() 6549 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x2 gen() 10756 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x2 xor() 6674 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x1 gen() 9073 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x1 xor() 4956 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: using algorithm avx2x4 gen() 25480 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: .... xor() 12617 MB/s, r
```

```
Activities Terminal lav 11 12:10 en
michaelchios@michaelchios-VirtualBox: ~/Documents/proc...

S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x4 xor() 12617 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x2 gen() 25065 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x2 xor() 14963 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x1 gen() 21749 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: avx2x1 xor() 12662 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x4 gen() 10879 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x4 xor() 6549 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x2 gen() 10756 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x2 xor() 6674 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x1 gen() 9073 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x1 xor() 4956 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: using algorithm avx2x4 g
en() 25480 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: .... xor() 12617 MB/s, r
mw enabled
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: using avx2x2 recovery al
gorithm
```

```
Activities Terminal lav 11 12:11 en
michaelchios@michaelchios-VirtualBox: ~/Documents/proc...

Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x2 gen() 10756 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x2 xor() 6674 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x1 gen() 9073 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: sse2x1 xor() 4956 MB/
S
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: using algorithm avx2x4 g
en() 25480 MB/s
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: .... xor() 12617 MB/s, r
mw enabled
Iav 11 11:55:46 michaelchios-VirtualBox kernel: raid6: using avx2x2 recovery al
gorithm
Iav 11 11:55:47 michaelchios-VirtualBox kernel: xor: automatically using best c
hecksumming function avx
Iav 11 11:55:47 michaelchios-VirtualBox kernel: Btrfs loaded, crc32c=crc32c-int
el, zoned=yes, fsverity=yes
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ ls
Makefile process-mm-module.c process-mm-module.mod.c threads
modules.order process-mm-module.ko process-mm-module.mod.o threads.c
Module.symvers process-mm-module.mod process-mm-module.o
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$ make clean
make -C /lib/modules/5.15.0-56-generic/build M=/home/michaelchios/Documents/pro
cess-mm-module clean
make[1]: Entering directory '/usr/src/linux-headers-5.15.0-56-generic'
CLEAN /home/michaelchios/Documents/process-mm-module/Module.symvers
make[1]: Leaving directory '/usr/src/linux-headers-5.15.0-56-generic'
michaelchios@michaelchios-VirtualBox:~/Documents/process-mm-module$
```