Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Λειτουργικά Συστήματα
Δραστηριότητα 3

Ονοματεπώνυμο: Ιωάννα Γέμου
ΑΜ: 1070525
Ακαδημαϊκό έτος: 2022-2023

Περιεχόμενα

1. Σκοπός της εργασίας

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης δραστηριότητας μας ζητείται να ασχοληθούμε με τον τρόπο διαχείρισης συσκευών σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος. Ξεκινώντας μελετήσαμε τα σημεία του πηγαίου κώδικα στα οποία ορίζονται κατάλληλες δομές για την αναπαράσταση και τη διαχείριση αρχείων. Στην συνέχεια μας ζητήθηκε να ασχοληθούμε με την είσοδο του ποντικιού μας και να κατασκευάσουμε μία εικονική συσκευή. Στην τελευταία άσκηση μας ζητείται να φτιάξουμε ένα **kernel module** το οποίο θα λειτουργήσει σαν **driver** της παραπάνω στσκευής.

2. Άσκηση 1

Παρακάτω παρατίθονται οι ορισμοί των συγκεκριμένων συμβόλων, όπως ορίζονται στον πηγαίο κώδικα του **linux kernel**.

2.1. **container_of**: Το συγκεκριμένο **macro container_of** χρησιμοποιείται για να πάρουμε ένα δείκτη από μία δομή η οποία περιέχει ένα συγκεκριμένο πεδίο, δεδομένου ενός δείκτη στο ίδιο το πεδίο. Ο κύριος λόγος χρήσης του είναι όταν έχουμε μια συνάρτηση με ένα δείκτη σε μια δομή και θέλουμε να λάβουμε έναν δείκτη στην ίδια τη δομή. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης ως μέσο πλοήγησης στις δομές δεδομένων που χρησιμοποιούνται από τον πυρήνα.

2.2. **struct file**: Στο Linux kernel, το **struct file** είναι μία δομή που αναπαριστά ένα ανοιχτό αρχείο. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση όλων των πληροφοριών σχετικά με ένα ανοιχτό αρχείο που χρειάζεται ο πυρήνας για να χειριστεί τις λειτουργίες ανάγνωσης, εγγραφής και άλλες λειτουργίες στο αρχείο, όπως το **path**, την τωρινή θέση μέσα στο αρχείο, αλλά και σε ποιά διεργασία ανήκει το αρχείο. Κάθε φορά που εκτελείται το **system call open**, δημιουργείται στη μνήμη του λειτουργικού.

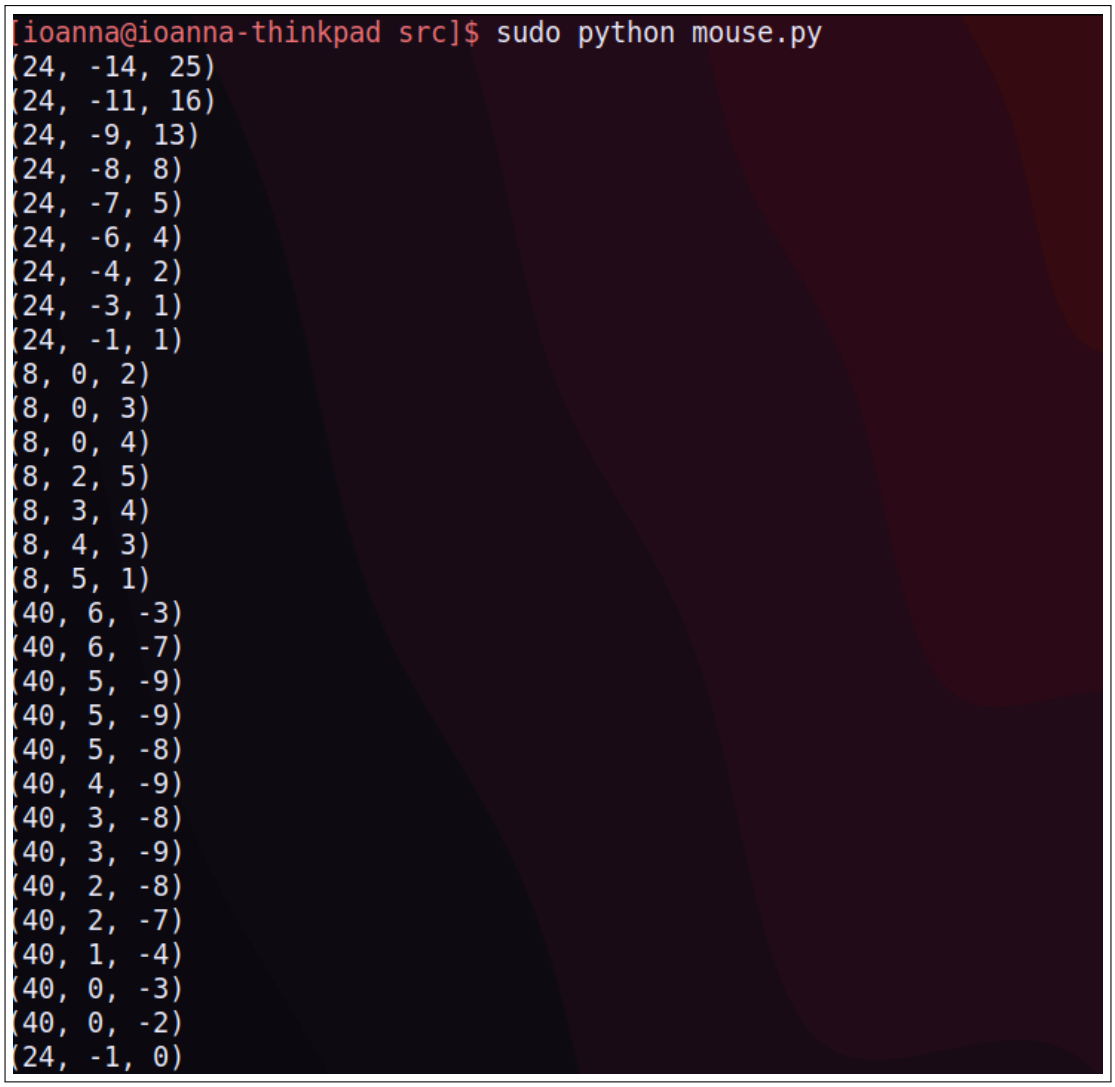
2.3. **struct file_operations**: Πρόκειται για μία δομή που επιτρέπει στον πυρήνα την δυνατότητα υποστήριξης διαφορετικών τύπων αρχείων και λειτουργιών. Όταν μία διεργασία εκτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία όπως ανάγνωση ή εγγραφή σε ένα ανοιχτό αρχείο ο πυρήνας αναζητά την κατάλληλη συνάρτηση στη δομή και την καλεί για να εκτελέσει τη λειτουργία.

3. Άσκηση 2

Σε αυτή την άσκηση μας ζητείται να παρατηρήσουμε το **byte stream**, το οποίο προκύπτει κατά την κίνηση του πιντικιού μας (το λειτουργικό σύστημα έχει μεταφράσει την είσοδο από τη συσκευή του ποντικιού σε μία ροή από **bytes**). Τα **bytes** αυτά ακολουθούν ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο μέσα από το οποίο περιγράφεται ουσιαστικά η κατεύθυνση στην οποία κινήθηκε το ποντίκι.
Όταν εκτελούμε την εντολή **sudo cat /dev/input/mice | hexdump # prettier output** εμφανίζονται τα αποτελέσματα παρακάτω κατά την κίνηση του ποντικιού:

```
[ioanna@ioanna-thinkpad ~]$ sudo cat /dev/input/mice | hexdump # prettier output
0000000 0028 28ff ff02 0228 28fd fc04 0328 28fb
0000010 fb04 0528 28fa fb04 0528 28fa fc05 0428
0000020 28fc fe05 0428 08fe 0004 0428 28ff ff04
0000030 0428 28ff fe04 0428 28ff fe03 0328 28fe
0000040 fe03 0228 28fe fe03 0228 28fe fe03 0228
0000050 28fe ff01 0228 08fe 0001 0108 0800 0001
0000060 0108 0800 0100 0008 0801 0100 0008 0801
0000070 0100 0008 0801 0100 0008 0801 0100 0008
0000080 1802 02ff ff18 1803 04fd fd18 1805 05fc
0000090 fc18 1808 09fa fb18 180b 0afa f918 180c
00000a0 0dfa fa18 180c 09fb fa18 1808 09fa fa18
00000b0 1808 08fa f918 1807 05fa fa18 1804 04fb
00000c0 fc18 1803 01fd fe18 1801 01fe fe18 1801
00000d0 01ff fe18 1802 01ff ff18 0801 0001 0108
00000e0 0800 0001 0108 2800 fe01 0128 28fe fd01
00000f0 0128 28fd fd02 0328 28fd fc04 0428 28fc
0000100 fd04 0428 28fd fd05 0528 28fd fc06 0528
0000110 28fc fc06 0528 28fc fc05 0528 28fd fe04
0000120 0428 28ff ff03 0208 0800 0102 0208 0802
0000130 0300 0008 0803 0400 0008 1804 04ff fd18
0000140 1805 04fd fc18 1805 04fb fb18 1804 05f9
0000150 fa18 1805 04fb fb18 1803 03fc fd18 1803
0000160 03fd 0408 0804 0305 0508 0802 0105 0508
0000170 0801 0106 0508 0800 0006 0508 0800 0006
0000180 0628 28ff ff05 0528 28ff ff05 0528 28ff
0000190 ff03 0408 2800 ff02 0128 08ff 0001 0008
00001a0 1801 00ff fe18 1801 01fe fd18 1800 01fc
```

Παρατηρούμε πως διαβάζεται και αποθηκεύεται η κάθε κίνηση του ποντικιού και εμφανίζεται κάθε φορά σε δεκαεξαδική μορφή.
Έπειτα εκτελούμε το αρχείο mouse.py και παρατηρούμε ότι:



- Το πρόγραμμα αρχικά διαβάζει το αρχείο στο οποίο αποθηκεύονται οι κινήσεις του ποντικιού ανά τριάδες bytes, και στην συνέχεια κάνει unpack τα bytes ως ακεραίους (8 bit ο καθένας) και τους τυπώνει.
- Ο πρώτος αριθμός κάθε τριάδας αντιστοιχεί στον τύπο του γεγονότος που καταγράφεται ενώ οι δύο άλλοι αριθμοί αντιστοιχούν στις μεταβολές x, y, αντίστοιχα.
- Κατά την μετακίνηση του ποντικιού προς τα δεξιά παρατηρούμε συνεχώς τις τιμές (8, 1, 0) ενώ κατά τη μετακίνηση προς τα πάνω τις τιμές (8, 0, 1). Αν πατήσουμε το αριστερό πλήκτρο βλέπουμε την τιμή (9, 0, 0) ενώ αφήνοντάς το την τιμή (8, 0, 0).

4. Άσκηση 3

Για τη δημιουργία της συσκευής που μας ζητείται χρησιμοποιούμε την εντολή:
sudo mknod /dev/mydevice c 42 0
Προσπαθώντας να διαβάσω από την συσκευή παίρνω το εξής μήνυμα:

```
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ sudo mknod /dev/mydevice c 42 0
[sudo] password for ioanna:
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ cat /dev/mydevice
cat: /dev/mydevice: No such device or address
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$
```

Το αποτέλεσμα είναι το αναμενόμενο αφού δεν είναι δυαντόν να διαβάσω ή να γράψω σε μία συσκευή, εφόσον δεν έχω δημιουργήσει **driver** που να υποδεικνύει την συμπεριφορά της συσκευής σε συγκεκριμένες συνθήκες - λειτουργίες.

5. Άσκηση 4

Στην συγκεκριμένη άσκηση θα δημιουργήσουμε ένα **module (dev.c)** το οποίο θα χρησιμεύει ως **driver** της συσκευής που δημιουργήσαμε στο παραπάνω ερώτημα. Οι κύριες λειτουργίες που θέλουμε να καλύψουμε είναι η ανάγνωση και η εγγραφή στην την συσκευή, και για την υλοποίησή τους θα χρησιμοποιήσουμε τις συναρτήσεις **copy_to_user** και **copy_from_user**, αντίστοιχα.
Αυτή την φορά όταν προσπαθήσουμε να διαβάσουμε από την συσκευή βλέπουμε:

```
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ make
make -C /lib/modules/6.1.5-arch2-1/build M=/home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src  modules
make[1]: Entering directory '/usr/lib/modules/6.1.5-arch2-1/build'
  CC [M]  /home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src/dev.o
  MODPOST /home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src/Module.symvers
  CC [M]  /home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src/dev.mod.o
  LD [M]  /home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src/dev.ko
  BTF [M] /home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src/dev.ko
make[1]: Leaving directory '/usr/lib/modules/6.1.5-arch2-1/build'
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ sudo insmod dev.ko
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ cat /dev/mydevice
hello
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$
```

Ενώ, στην περίπτωση εγγραφής στην συσκευή έχουμε:

```
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ sudo echo "This is a test" > /dev/mydevice
bash: /dev/mydevice: Permission denied
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ su
Password:
[root@ioanna-thinkpad src]# echo "This is a test" > /dev/mydevice
[root@ioanna-thinkpad src]# cat /dev/mydevice
This is a test
[root@ioanna-thinkpad src]# journalctl --since "1 minutes ago" | grep kernel
Jan 18 20:41:13 ioanna-thinkpad kernel: audit: type=1100 audit(1674067273.627:402): pid=34315 uid=1000 auid=1000 ses=4 msg='op=PAM:authentication grantors=pam_unix acct="root
" exe="/usr/bin/su" hostname=? addr=? terminal=/dev/pts/0 res=success'
Jan 18 20:41:13 ioanna-thinkpad kernel: audit: type=1101 audit(1674067273.627:403): pid=34315 uid=1000 auid=1000 ses=4 msg='op=PAM:accounting grantors=pam_unix acct="root" ex
e="/usr/bin/su" hostname=? addr=? terminal=/dev/pts/0 res=success'
Jan 18 20:41:13 ioanna-thinkpad kernel: audit: type=1103 audit(1674067273.630:404): pid=34315 uid=1000 auid=1000 ses=4 msg='op=PAM:setcred grantors=pam_unix acct="root" exe="
/usr/bin/su" hostname=? addr=? terminal=/dev/pts/0 res=success'
Jan 18 20:41:13 ioanna-thinkpad kernel: audit: type=1105 audit(1674067273.630:405): pid=34315 uid=1000 auid=1000 ses=4 msg='op=PAM:session_open grantors=pam_unix acct="root"
exe="/usr/bin/su" hostname=? addr=? terminal=/dev/pts/0 res=success'
Jan 18 20:41:22 ioanna-thinkpad kernel: Open called!
Jan 18 20:41:22 ioanna-thinkpad kernel: [WRITE] Size: 15 Offset: 0
Jan 18 20:41:22 ioanna-thinkpad kernel: Close called!
Jan 18 20:41:26 ioanna-thinkpad kernel: Open called!
Jan 18 20:41:26 ioanna-thinkpad kernel: [READ] Size: 131072 Offset: 0
Jan 18 20:41:26 ioanna-thinkpad kernel: [READ] Size: 131072 Offset: 15
Jan 18 20:41:26 ioanna-thinkpad kernel: Close called!
[root@ioanna-thinkpad src]# exit
exit
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$
```

Τέλος, αναπτύχθηκε το παρακάτω **python script** για την επίδειξη λειτουργίας της εικονικής συσκευής:

```
home > ioanna > Documents > Semester9 > OS > OS_Exercise_3 > src > mydevice.py > ...
1  with open('/dev/mydevice', 'r') as f:
2      data = f.read().strip()
3      print("Read from mydevice: ",data)
4
5  with open('/dev/mydevice', 'w') as f:
6      f.write('Hello, mydevice!\n')
7      print("Data succesfully saved to mydevice!")
8
```

Το **script** που δείχνει την λειτουργία της συσκευής:

```
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ python mydevice.py
Read from mydevice:  This is a test
Traceback (most recent call last):
  File "/home/ioanna/Documents/Semester9/OS/OS_Exercise_3/src/mydevice.py", line 5, in <module>
    with open('/dev/mydevice', 'w') as f:
PermissionError: [Errno 13] Permission denied: '/dev/mydevice'
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$ sudo !!
sudo python mydevice.py
[sudo] password for ioanna:
Read from mydevice:  This is a test
Data succesfully saved to mydevice!
[ioanna@ioanna-thinkpad src]$
```