



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
<http://www.cslab.ece.ntua.gr>

## Εργαστήριο Λειτουργικών Συστημάτων

7ο εξάμηνο, Ακαδημαϊκή περίοδος 2022–2023

### Άσκηση 3

### Εξερεύνηση Συστήματος Αρχείων σε Περιβάλλον Linux

Εργαστήριο Υπολογιστικών Συστημάτων Ε.Μ.Π.  
[os-lab@lists.cslab.ece.ntua.gr](mailto:os-lab@lists.cslab.ece.ntua.gr)

Δεκέμβριος 2022

# 1 Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας άσκησης είναι η εξοικείωσή σας με τα συστήματα αρχείων που χρησιμοποιούνται για την οργάνωση των δεδομένων (αρχείων, καταλόγων, κλπ) σε συσκευές μπλοκ (σκληροί δίσκοι, USB flash drives, CD-ROM, δισκέτες κλπ). Στο πλαίσιο της άσκησης σας δίνουμε εικόνες δίσκων (virtual disk images) και σας ζητάμε να απαντήσετε μια σειρά από ερωτήσεις/προκλήσεις σε σχέση με τα συστήματα αρχείων που περιέχουν αυτές οι εικόνες.

Για να το πετύχετε, πρέπει να καταλάβετε τη δομή ενός συστήματος αρχείων και να είστε σε θέση να χρησιμοποιήσετε μια σειρά από εργαλεία και τεχνικές ώστε να εξερευνήσετε τις εικόνες που σας δίνουμε.

## 1.1 Δύο προσεγγίσεις

Στα ακόλουθα υποθέτουμε ότι κάθε φορά συνδέετε τις εικόνες δίσκων που σας δίνουμε ως εικονικούς δίσκους στην εικονική μηχανή QEMU-KVM `utopia` που ήδη έχετε από την προηγούμενη άσκηση. Για το σκοπό αυτό, πρέπει να επεκτείνετε το script `utopia.sh` που ήδη χρησιμοποιείτε, ώστε η εικονική μηχανή να βλέπει την κάθε εικόνα ως έναν επιπλέον εικονικό δίσκο.

Έχοντας ολοκληρώσει αυτό το βήμα, υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για να λύσετε τις προκλήσεις:

### **tools:** Προσάρτηση συστήματος αρχείων στο Linux και χρήση έτοιμων εργαλείων

Μπορείτε να προσαρτήσετε το σύστημα αρχείων σε κατάλογο του συστήματος [π.χ. στον `/mnt`] με την εντολή `mount` και να χρησιμοποιήσετε όλα τα εργαλεία που ήδη παρέχει το Linux ώστε να εξερευνήσετε το περιεχόμενό της, ενδεικτικά `ls`, `cat`, `stat`, `df`, `du`, και πολλά άλλα, δείτε και την §1.2. Επιπλέον, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μια σειρά έτοιμων εργαλείων που χειρίζονται απευθείας το σύστημα αρχείων, όπως `tune2fs`, `dumpe2fs`, `debugfs`.

**hexedit:** Απευθείας εξερεύνηση των εικόνων με χρήση `hex editor` Στην περίπτωση αυτή μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μόνο έναν `hex viewer/editor`, όπως τα `hexdump`, `xxd`, `hexedit`, ώστε να μελετήσετε byte προς byte το περιεχόμενο του εικονικού δίσκου, π.χ. `/dev/vdb`, και να εξαγάγετε στοιχεία για το περιεχόμενό του συστήματος αρχείων με απευθείας πρόσβαση στις δομές του.

Για κάθε πρόκληση, σας ζητάμε να περιγράψετε βήμα προς βήμα τον τρόπο επίλυσής της και με τους δύο τρόπους.

## 1.2 Χρήσιμα Εργαλεία

Τα παρακάτω εργαλεία θα σας φανούν πολύ χρήσιμα για να λύσετε τις προκλήσεις:

Για κάθε ένα από αυτά, μπορείτε να βρείτε πολλές χρήσιμες πληροφορίες στο manpage του, και στο δίκτυο: `mount`, `fdisk`, `lsblk`, `file`, `df`, `du`, `stat`, `blkid`, `tune2fs`, `dumpe2fs`, `debugfs`, `hexdump`, `hexedit`, `xxd`.

## 2 Η εικόνα *fsdisk1.img*

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις/προκλήσεις. Μερικές από αυτές αναφέρονται γενικά στο σύστημα αρχείων ext2, ενώ άλλες ζητούν στοιχεία για το συγκεκριμένο σύστημα αρχείων που περιέχει η εικόνα *fsdisk1.img* που σας δίνεται.

Για κάθε πρόκληση που ζητά γενικές πληροφορίες για το σύστημα αρχείων ext2, δικαιολογήστε την απάντησή σας αναφέροντας τις πηγές σας και συνδέοντας σε αυτές. Γίνετε όσο πιο συγκεκριμένοι μπορείτε.

Για κάθε πρόκληση που ζητά δεδομένα από την εικόνα *fsdisk1.img* περιγράψτε τη λύση της πρόκλησης και με τις δύο προσεγγίσεις, `mount` και `hexedit`, δείχνοντας αναλυτικά τις εντολές που χρειάστηκε να εκτελέσετε, εκτός αν η πρόκληση υποδεικνύει κάτι διαφορετικό.

1. Τροποποιήστε κατάλληλα το αρχείο *utopia.sh* ώστε να προσθέσετε στην εικονική μηχανή *utopia* έναν επιπλέον δίσκο για την εικόνα *fsdisk1.img*. Ποια είναι η προσθήκη που κάνατε; Ποια συσκευή στο *utopia* είναι αυτή που μόλις προσθέσατε;
2. Τι μέγεθος έχει ο δίσκος που προσθέσατε στο *utopia*;
3. Τι σύστημα αρχείων περιέχει;
4. Πότε ακριβώς δημιουργήθηκε αυτό το σύστημα αρχείων; Δείξτε τη χρονοσφραγίδα [timestamp].
5. Πότε ακριβώς προσαρτήθηκε τελευταία φορά; Δείξτε τη χρονοσφραγίδα.
6. Σε ποιο μονοπάτι προσαρτήθηκε τελευταία φορά;
7. Πότε ακριβώς τροποποιήθηκε τελευταία φορά; Δείξτε τη χρονοσφραγίδα.
8. Τι είναι το μπλοκ σε ένα σύστημα αρχείων;
9. Τι μέγεθος μπλοκ [block size] χρησιμοποιεί αυτό το σύστημα αρχείων;

10. Τι είναι το inode σε ένα σύστημα αρχείων;
11. Τι μέγεθος έχει το inode σε αυτό το σύστημα αρχείων;
12. Πόσα διαθέσιμα μπλοκ και πόσα διαθέσιμα inodes υπάρχουν σε αυτό το σύστημα αρχείων;
13. Τι είναι το superblock στο σύστημα αρχείων ext2;
14. Πού βρίσκεται μέσα στον δίσκο σε ένα σύστημα αρχείων ext2;
15. Για ποιο λόγο έχει νόημα να υπάρχουν εφεδρικά αντίγραφα του superblock στο σύστημα αρχείων ext2;
16. Σε ποια μπλοκ βρίσκονται αποθηκευμένα εφεδρικά αντίγραφα του superblock σε αυτό το σύστημα αρχείων;
17. Τι είναι ένα block group στο σύστημα αρχείων ext2;
18. Πόσα block groups έχει ένα σύστημα αρχείων ext2 και πώς κατανέμονται;
19. Πόσα block groups περιέχει αυτό το σύστημα αρχείων;
20. Τι είναι ο block group descriptor στο σύστημα αρχείων ext2;
21. Για ποιο λόγο έχει νόημα να υπάρχουν εφεδρικά αντίγραφα των block group descriptors στο σύστημα αρχείων ext2;
22. Σε ποια μπλοκ βρίσκονται αποθηκευμένα εφεδρικά αντίγραφα των block group descriptors σε αυτό το σύστημα αρχείων;
23. Τι είναι το block bitmap και τι το inode bitmap; Πού βρίσκονται μέσα στον δίσκο;
24. Τι είναι τα inode tables; Πού βρίσκονται μέσα στον δίσκο;
25. Τι πεδία περιέχει το κάθε inode; Πού αποθηκεύεται μέσα στον δίσκο;
26. Πόσα μπλοκ και πόσα inodes περιέχει το κάθε block group σε αυτό το σύστημα αρχείων;
27. Σε ποιο inode αντιστοιχεί το αρχείο `/dir2/helloworld` σε αυτό το σύστημα αρχείων;
28. Σε ποιο block group αντιστοιχεί αυτό το inode;

29. Σε ποιο μπλοκ του δίσκου υπάρχει το inode table που περιέχει το παραπάνω inode;
30. Δείξτε όλα τα πεδία αυτού του inode [128 bytes]
31. Σε ποιο μπλοκ είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα αυτού του αρχείου;
32. Τι μέγεθος έχει αυτό το αρχείο;
33. Δείξτε τα περιεχόμενα αυτού του αρχείου.

### 3 Η εικόνα *fsdisk2.img*

Σας δίνεται μια νέα εικόνα, *fsdisk2.img*. Απαντήστε τις παρακάτω προκλήσεις/ερωτήσεις ακριβώς όπως και για την *fsdisk1.img*. Θυμηθείτε να περιγράψετε τη λύση κάθε πρόκλησης και με τις δύο προσεγγίσεις, **mount** και **hexedit**, εκτός αν η πρόκληση υποδεικνύει κάτι διαφορετικό.

1. Συνδέστε την εικόνα του δίσκου στην εικονική μηχανή σας, όπως κάνατε και για την εικόνα *fsdisk1.img* και προσαρτήστε τη στον κατάλογο */mnt*.
2. Χρησιμοποιήστε την εντολή **touch** για να δημιουργήσετε ένα νέο κενό αρχείο */file1* μέσα στο συγκεκριμένο σύστημα αρχείων. Βεβαιωθείτε ότι η εντολή σας αναφέρεται πράγματι στο συγκεκριμένο σύστημα αρχείων [σε ποιον κατάλογο το έχετε προσαρτήσει;], κι όχι στον ριζικό κατάλογο του συστήματος.
3. Πέτυχε η εντολή; Αν όχι, τι πρόβλημα υπήρξε;
4. Ποια κλήση συστήματος προσπάθησε να τρέξει η **touch**, και με ποιον κωδικό λάθους απέτυχε; Αποδείξτε την απάντησή σας με χρήση της εντολής **strace**.
5. Πόσα αρχεία και πόσους καταλόγους περιέχει το συγκεκριμένο σύστημα αρχείων;
6. Πόσο χώρο καταλαμβάνουν τα δεδομένα και τα μεταδεδομένα του συγκεκριμένου συστήματος αρχείων;
7. Πόσο είναι το μέγεθος του συγκεκριμένου συστήματος αρχείων;
8. Πόσα μπλοκ είναι διαθέσιμα/ελεύθερα στο συγκεκριμένο σύστημα αρχείων; Ισοδύναμα, έχει ελεύθερο χώρο το συγκεκριμένο σύστημα αρχείων;
9. Αφού υπάρχουν διαθέσιμα μπλοκ, τι σας αποτρέπει από το να δημιουργήσετε νέο αρχείο;

## 4 Η εικόνα *fsdisk3.img*

Η εικόνα *fsdisk3.img* περιέχει ένα σύστημα αρχείων ext2 με λάθη. Είναι ένα σύστημα αρχείων που έχει πάθει μία ή περισσότερες μορφές αλλοίωσης δεδομένων [corruption]. Στις ακόλουθες προκλήσεις καλείστε να εντοπίσετε, να αποδείξετε, και να επιδιορθώσετε τις αλλοιώσεις αυτές.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Για να απαντήσετε τις προκλήσεις αυτές, θα χρειαστεί να αλλάξετε το περιεχόμενο της εικόνας. Θυμηθείτε να τηρείτε αντίγραφα ασφαλείας, και να ξεκινήσετε από την καθαρή εικόνα όπως σας δίνεται για την τελική εκτέλεση της άσκησης. Επιβεβαιώστε το περιεχόμενο της εικόνας με *sha256sum*, και συγκρίνετε με το hash που περιέχει το όνομά της.

1. Ποιο εργαλείο στο Linux αναλαμβάνει τον έλεγχο ενός συστήματος αρχείων ext2 για αλλοιώσεις;
2. Ποιοι παράγοντες θα μπορούσαν δυνητικά να οδηγήσουν σε αλλοιώσεις στο σύστημα αρχείων; Αναφέρετε ενδεικτικά δέκα πιθανές αλλοιώσεις.
3. Τρέξτε το εργαλείο αυτό και επιδιορθώστε το σύστημα αρχείων. Αναφέρετε όλες τις αλλοιώσεις που εντόπισε, εξαντλητικά.
4. Επαναφέρετε τον δίσκο στην πρότερή του κατάσταση, από την αρχική εικόνα. Εντοπίστε τις αλλοιώσεις με χρήση της μεθόδου *hexedit*.
5. Επιδιορθώστε κάθε αλλοίωση, ξεχωριστά, με χρήση της μεθόδου *hexedit*. Για κάθε μία από τις αλλοιώσεις που επιδιορθώνετε, τρέξτε το εργαλείο *fsck* με τρόπο που δεν προκαλεί καμία αλλαγή [“dry run”], και επιβεβαιώστε ότι πλέον δεν την εντοπίζει.

## 5 Εξέταση άσκησης και αναφορά

Η προθεσμία για την εξέταση της άσκησης θα ανακοινωθεί στη σελίδα του μαθήματος.

Μετά την εξέταση κάθε ομάδα θα πρέπει να συντάξει σύντομη αναφορά, η οποία θα περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο απαντήσατε/λύσατε κάθε μία από τις προκλήσεις. Θυμηθείτε ότι πρέπει να συμπεριλάβετε λύση και με τη μέθοδο *tools* και με τη μέθοδο *hexedit*, εκτός αν η πρόκληση ζητάει ρητά κάτι διαφορετικό.

## 6 Πληροφορίες για το σύστημα αρχείων ext2

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας καλείστε να αναζητήσετε πληροφορίες σχετικά με το σύστημα αρχείων ext2 και να κατανοήσετε τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται τα δεδομένα σε έναν δίσκο που περιέχει ένα σύστημα αρχείων ext2. Θα σας φανούν πολύ χρήσιμες οι παρακάτω πληροφορίες για να καταλάβετε την οργάνωση του ext2:

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Ext2>
- <https://wiki.osdev.org/Ext2>
- <https://www.nongnu.org/ext2-doc/>
- <http://www.science.smith.edu/~nhowe/262/oldlabs/ext2.html>
- <https://docs.kernel.org/filesystems/ext2.html>