

Εισαγωγή στα Λειτουργικά Συστήματα



SET ΔΙΑΦΑΝΕΙΩΝ 19

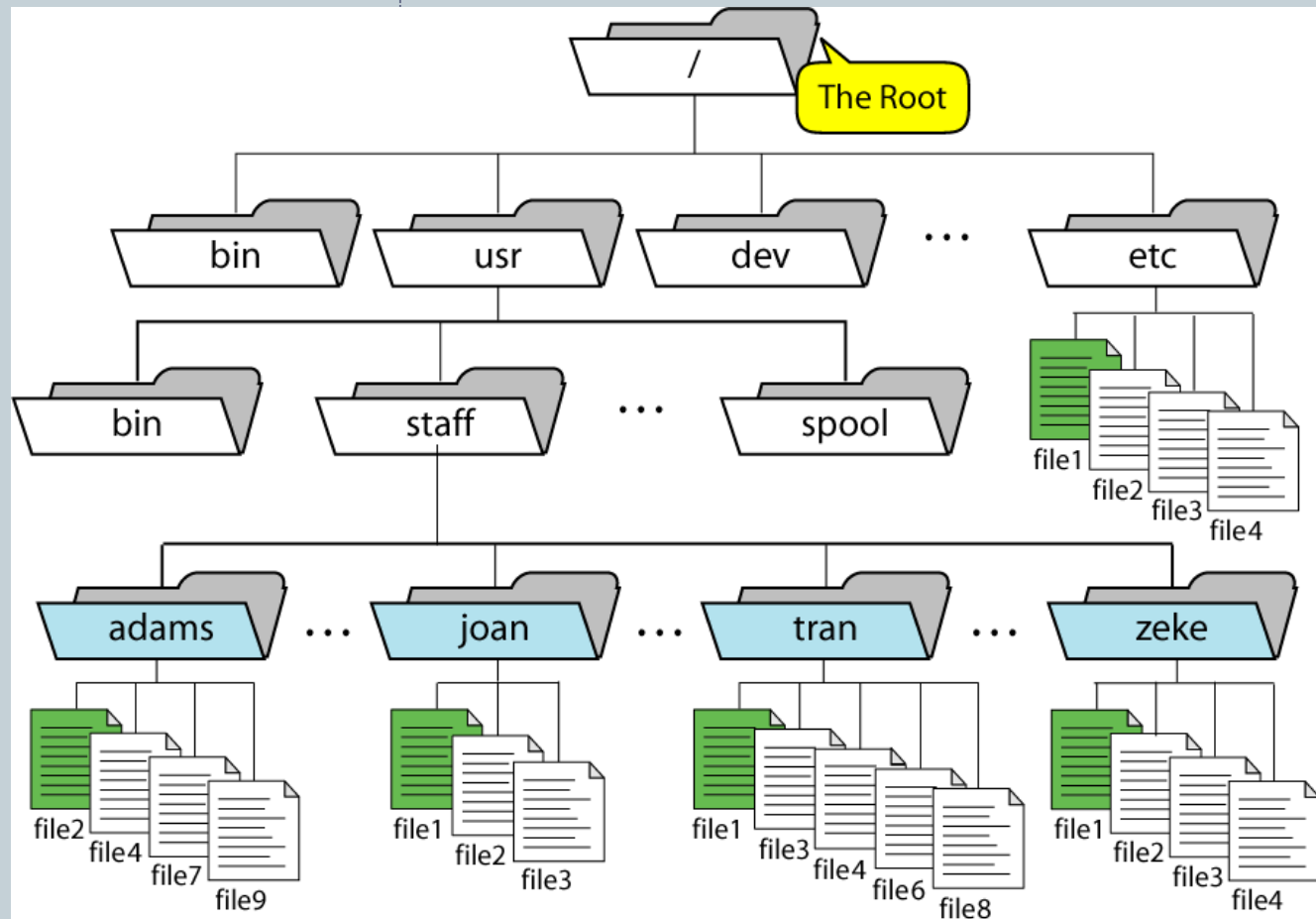
ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΧΕΙΩΝ

ΑΝΤΩΝΗΣ ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ

Σύστημα Αρχείων - Επανάληψη

2

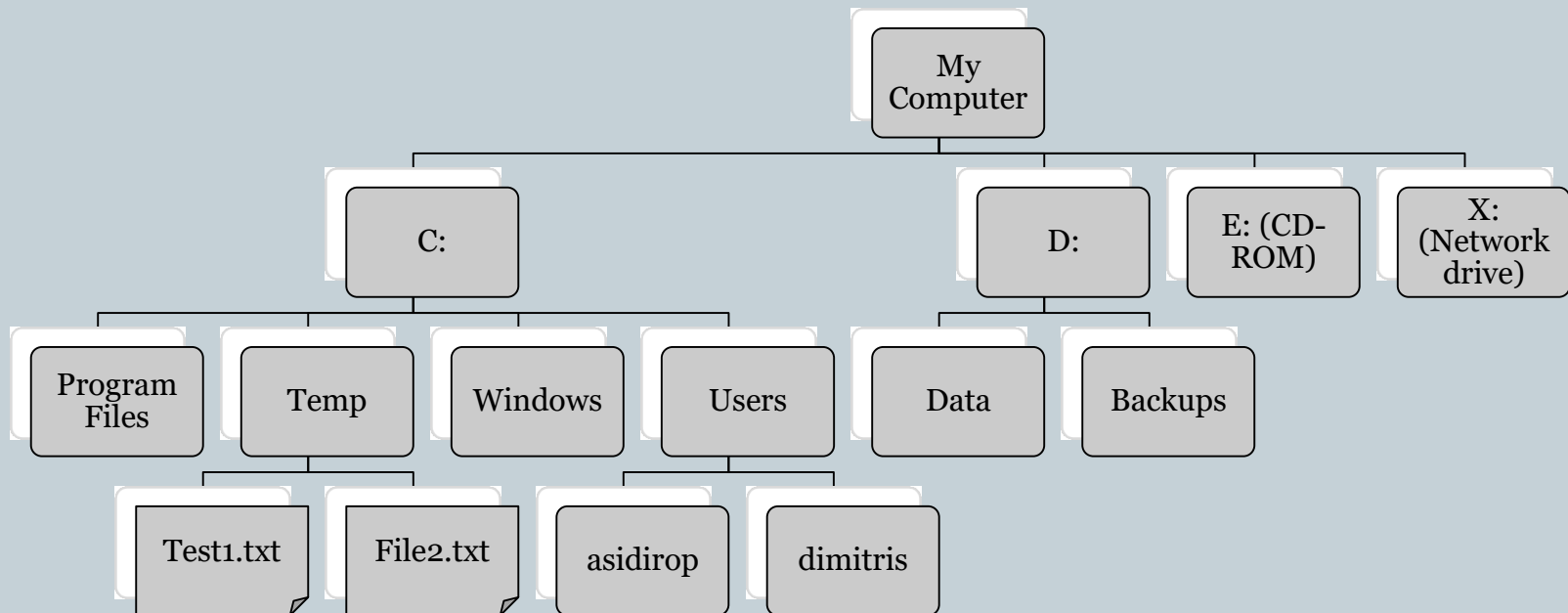
- Το σύστημα αρχείων οργανώνεται σε μια ιεραρχία φακέλων-αρχείων.



Τυπικό Σύστημα αρχείων σε Windows - Επανάληψη

3

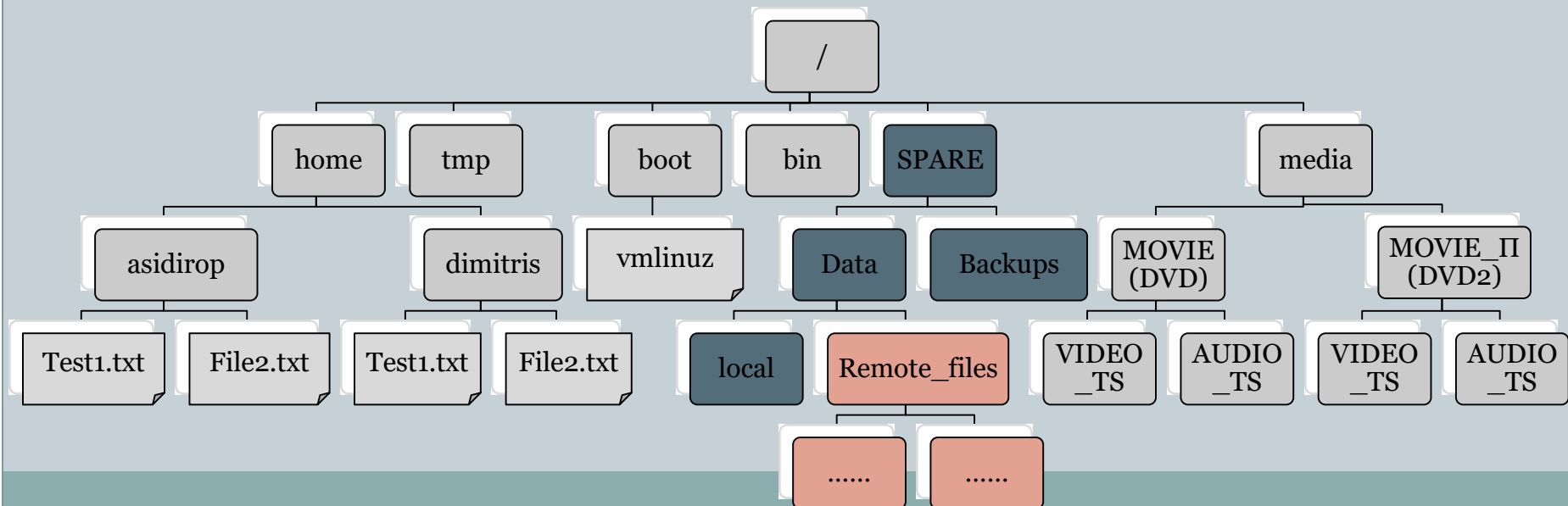
- Υπάρχει η έννοια του «My Computer» που ομαδοποιεί από κάτω όλες τις συσκευές αποθήκευσης (δίσκους, CD-ROMs, USB-STICK, Δικτυακοί δίσκοι, κτλ.)
- Κάθε συσκευή συμβολίζεται με ένα γράμμα του αγγλικού αλφαβήτου ακολουθούμενο με την «:».
- Τα γράμματα «A:» και «B:» χρησιμοποιούνται (παραδοσιακά) για τα 2 floppy-drives (πλέον δεν υπάρχουν τέτοια)
- Ο πρώτος δίσκος (τόμος-partition) συμβολίζεται με το γράμμα «C:» (συνήθως)



Τυπικό Σύστημα αρχείων σε Unix - Επανάληψη

4

- Υπάρχει η έννοια του «/» το οποίο είναι η ρίζα του δέντρου.
- Το «/» ονομάζεται και root directory.
- Κάθε συσκευή εμφανίζεται σαν τμήμα του δέντρου. Ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί να ορίσει σε ποιο σημείο.
- Θα μπορούσε ο κατάλογος SPARE να αντιστοιχεί σε έναν 2^ο δίσκο. Επίσης ο κατάλογος MOVIE θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε ένα DVD.
- Θα μπορούσε τέλος ο φάκελος «remote_files» να αντιστοιχεί σε κάποιο άλλο δίσκο ή δικτυακό δίσκο.



Τύποι Δίσκων

5

- **IDE** (Integrated Drive Electronics)/**EIDE** (Enhanced IDE)
 - ATA / PATA (Parallel ATA)
 - SATA (Serial ATA)
 - ATA = AT Attachment
 - IBM PC/AT was the first PC
- **SCSI** (Small Computer System Interface)
 - SCSI-1, SCSI-2, SCSI-3, Ultra-2, Ultra-3, Ultra-320, Ultra-640, iSCSI, Serial SCSI, SSA, FC-AL, IEEE1394, Serial Attached SCSI (SAS)
- Το τύπος του δίσκου, αν και γενικά δεν ενδιαφέρει τον χρήστη του UNIX, ενδιαφέρει όμως τον administrator που θα κάνει την εγκατάσταση.

Hard Disk Partitioning

6

- Partitioning is a means of sub-dividing a hard disk.
- A hard disk must contain at least one partition.
- There are two types of partitions – primary and extended.
- A disk can contain up to 4 primary partitions or up to 3 primary and 1 extended partition.
- One (primary) partition may be designated as active, this will be used for booting the computer.
- Different operating systems can be installed on different partitions – allowing multi-booting.
- An extended partition cannot be accessed directly by the operating system but is instead sub-divided into logical drives.

Τα Partitions στο Linux

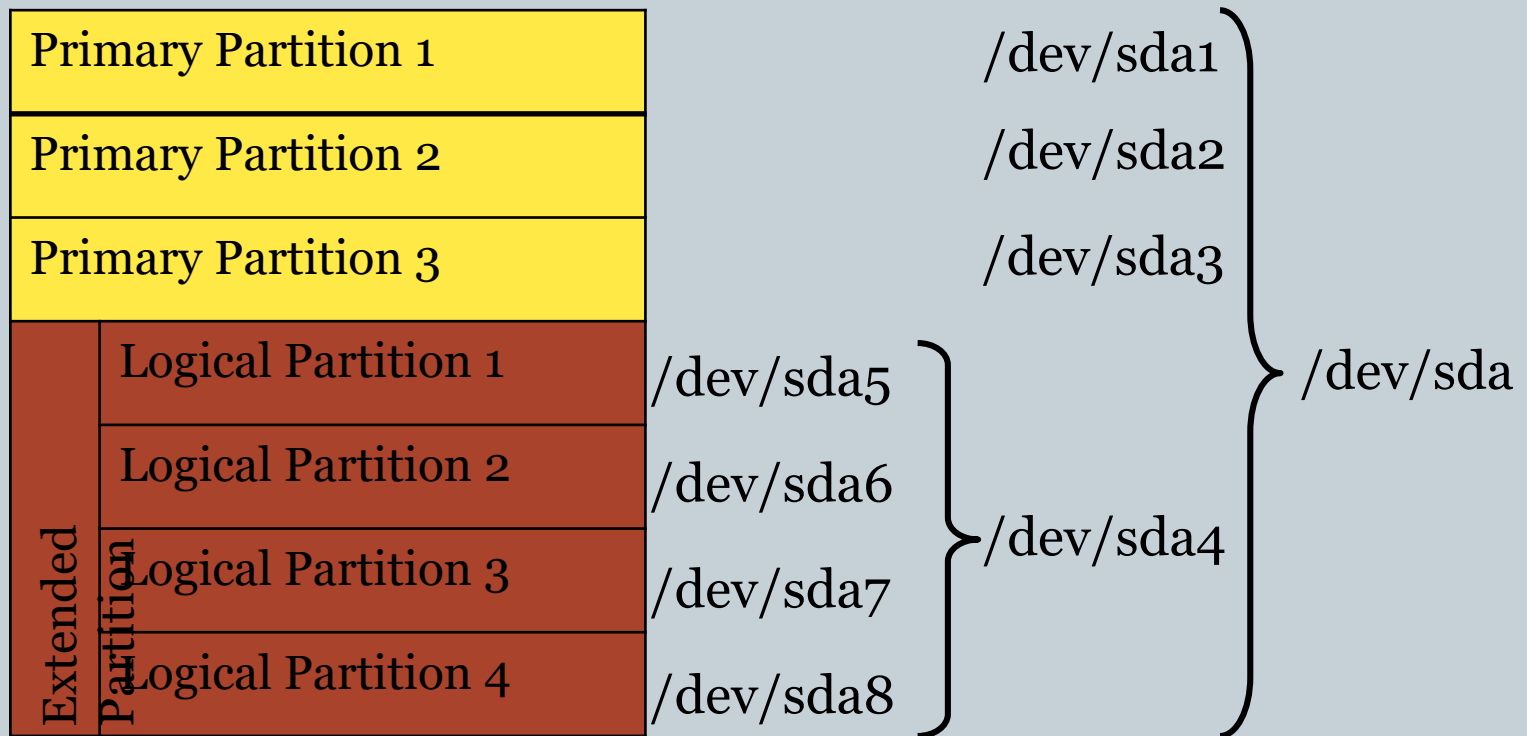
7

- Όλες οι συσκευές αντιστοιχούν σε κάποιο ειδικού τύπου αρχείο.
- Οι δίσκοι και οι μονάδες αποθήκευσης αντιστοιχούν σε ειδικά αρχεία τύπου “block device”
- Τα αρχεία αυτά βρίσκονται στην τοποθεσία /dev/
- Οι ATA δίσκοι αντιστοιχούνται (συνήθως) στα αρχεία /dev/hda, /dev/hdb, ...
- Οι SCSI, SATA, USB αντιστοιχούνται (συνήθως) στα αρχεία /dev/sda, /dev/sdb,...

Οργάνωση Partitions

8

- Παράδειγμα ενός SATA δίσκου με 3 primary, 1 extended και 5 logical drives



Φυσική Οργάνωση Partitions

9



- MBR (Master Boot Record): 512bytes. Περιέχει κώδικα για το boot και το Partition Table. Το partition Table έχει 4 εγγραφές. Μπορεί να χρησιμοποιούνται όλες ή μία.
- sda1,2,3: Τα 3 primary Partitions
- sda4: Το extended Partition
- EBR (Extended Boot Record): 512 bytes για κάθε Logical Partition. Περιέχεται η πληροφορία αρχή-τέλος του partition και η θέση του επόμενου EBR.
- sda5,6,7,8: Τα Logical Partitions
- Τα παραπάνω αναγνωρίζονται από τα σημερινά BIOS.

EFI - GUID - GPT

10

- Σήμερα το BIOS (Basic Input Output System) τείνει να αντικατασταθεί από το EFI (Extensible Firmware Interface) Standard
- Με το EFI μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νέο standard GUID (Globally unique identifier) Partition Table = GPT.
- Οι περισσότεροι σημερινοί υπολογιστές δεν υποστηρίζουν το GPT.

Partitions

11

- Ο δίσκος είναι ένα σύνολο από bytes (blocks of bytes) – Θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι ένα τεράστιο αρχείο (πχ: /dev/sda)
- Ακολουθείται η προηγούμενη οργάνωση (στην αρχιτεκτονική PC) για τον ορισμό των partitions.
- Το κάθε partition είναι και αυτό ένα σύνολο από bytes - Θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι (και αυτό) ένα τεράστιο αρχείο (πχ: /dev/sda2).
- Μέσα στο κάθε partition αποθηκεύουμε τα αρχεία μας. Το πώς θα αποθηκευτούν τα αρχεία σε ένα partition εξαρτάται από το «σύστημα Αρχείων» που θα δημιουργήσουμε με την διαδικασία του Format.

Format

12

- Το Format είναι η διαδικασία κατά την οποία δημιουργείται ένα σύστημα αρχείων.
- Ένα σύστημα αρχείων ουσιαστικά αποτελείται από
 - τις δομές (οργανώνονται στον δίσκο/partition)
 - και τους αλγορίθμους λειτουργίας του.
- Συνήθως λέγοντας σύστημα αρχείων εννοούμε το πρώτο.
- Η διαδικασία αυτή συνήθως ονομάζεται και High-Level Format ή Logical Format.
 - Το Low-Level Format συνήθως γίνεται εργοστασιακά.

Τα κυριότερα Συστήματα Αρχείων

13

- FAT (FAT12, FAT16, FAT32, FATX) : File Allocation Table
 - Microsoft
- HSF: Hierarchical File System, HFS+
 - Apple, Mac
- HPFS: High Performance File System
 - IBM+Microsoft (OS/2)
- XFS
 - SGI (zOS)
- NTFS: New Technology File System
 - Microsoft (NT, 2000, ..., XP, W7)
- ext (ext, ext2, ext3, ext4)
 - Rémy Card (ext, ext2),
 - Stephen Tweedie (ext3),
 - various (ext4)
 - Linux
- jfs
 - IBM (AIX, OS/2)
- Btrfs
 - Oracle (linux)
- ReiserFS, Reiser4
 - Namesys - Linux
- ReFS
 - Microsoft (Windows 8)

Συστήματα Αρχείων- Meta Data

14

FS	Stores Owner	POSIX permissions	Creation Time	Access Time	Modification Time	Meta Data Modification Time	Access Control List (ACL)
FAT	✗	✗	✗✓	✗✓	✓	✗	✗
HFS	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗
HPFS	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗
XFS	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
NTFS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ext,2,3	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
ext4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
jfs	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ReiserFS	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Reiser4	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Btrfs	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ReFS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Συστήματα Ανοείων- Limits

FS	Maximum filename length	Allowable characters in directory entries	Maximum pathname length	Maximum file size	Maximum volume size
FAT12	8.3 (255)	NOT: 0-31, 127 (DEL) and: " * / : < > ? \ + , . ; = [] a-z stored as A-Z). With VFAT LFN any Unicode except NUL	Unlimited DOS and Operating Systems do have limits	32MB-256MB	32MB-256MB
FAT16	8.3 (255)			2GB-4GB	2GB-4GB
FAT32	8.3 (255)			4GB	2TB-16TB
FATX	42	ASCII		2GB	2GB
HFS	31bytes	Any	Unlimited	2GB	2TB
HPFS	255bytes	Any byte except NUL	Unlimited	2GB	2TB
XFS	255bytes	Any byte except NUL	Unlimited	8EB	8EB
NTFS	255chars	Any UTF16 except NUL and \ / : * ? " < >	32,767 UTF characters with each path	16EB	16EB
ext2	255bytes	Any byte except NUL and /	Unlimited	2TB	32TB
ext3	255bytes		Unlimited	2TB	32TB
ext4	255bytes		Unlimited	16TB	1EB
jfs	255bytes	Any Unicode except NUL	Unlimited	4PT	32PT
ReiserFS	4,032 bytes	Any byte except NUL	Unlimited	2GB(3.5) 8TB (3.6)	16TB
Reiser4	3,976 bytes	Any byte except /, NUL	Unlimited	8 TB on x86	Unknown
Btrfs	255bytes	Any byte except NUL	Unlimited	16EB	16EB
ReFS	32k unicode characters	Unknown	32 kB	16 EB	Format supports 256ZB with 16kB cluster size (2^64 * 16 * 2^10). Windows stack addressing allows 16EB

Συστήματα Αρχείων

16

- Το κάθε σύστημα αρχείων έχει τα δικά του χαρακτηριστικά.
- Στον κόσμο του linux χρησιμοποιείται κυρίως το ext4.
- Με την εντολή mkfs δημιουργούμε ένα σύστημα αρχείων σε ένα partition (format)
- Για να δημιουργήσουμε-χρησιμοποιήσουμε ένα σύστημα αρχείων (πχ FAT) πρέπει να έχει εγκατασταθεί ο κατάλληλος driver (kernel module)

Mount

17

- Σε ένα Linux-Unix ΛΣ ορίζεται στις ρυθμίσεις του boot ποιο partition περιέχει την ρίζα του συστήματος αρχείων (δηλαδή το /).
- Τα υπόλοιπα partitions προσαρτώνται στο σύστημα αρχείων με την διαδικασία του mount.
- Ορίζεται σε αρχείο ρυθμίσεων (/etc/fstab) ποιο partition προσαρτάται σε ποια θέση του συστήματος αρχείων. πχ:

/dev/sda2	/	ext4	...
/dev/sda3	/media/VM	ext4	...
/dev/sda1	/home	ext4	...
/dev/sda6	/media/SPARE2	ntfs	...

Mount

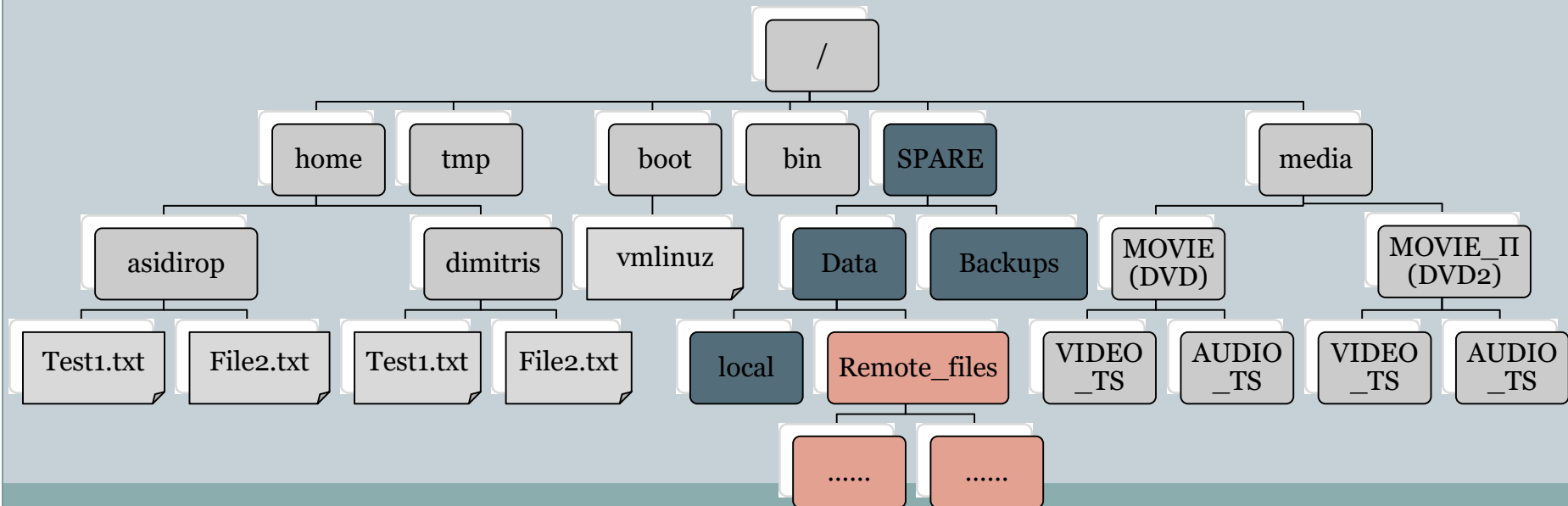
18

- ένα partition μπορεί να ταυτοποιηθεί με 3 τρόπους
 - Με βάση την συσκευή:
`/dev/sda2 / ext4 ...`
 - Με βάση την ετικέτα:
`LABEL=THEROOT / ext4 ...`
 - Με βάση το UUID της συσκευής:
`UUID=87276797-da2e-4305-aa16-b94051afbec4 / ext4 ...`

Mount

19

- `/dev/sda1` `/` `ext4`
- `/dev/sda2` `/SPARE` `ntfs`
- ...
- Μετά από το mount δεν είναι προφανές στον χρήστη ποιο αρχείο βρίσκεται σε ποια συσκευή.

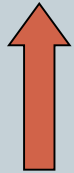


Εντολή df (disk filesystem)

20

- Η εντολή df μας δείχνει όλα τα προσαρτημένα συστήματα αρχείων και την χρήση τους.

```
[root@astrahan asidirop]# df
Filesystem      1K-blocks      Used Available  Use% Mounted on
/dev/hda1        30233896    25766376    2931708    90% /
none             1882608         0    1882608     0% /dev/shm
/dev/sda1        79064328    67923836    7124244    91% /home
/dev/hda4        37408328    29745308    5792252    84% /home/vmware
/dev/hda3         5124732      27904    5096828     1% /mnt/ntfs
/dev/sda2        78502276    69443928    5070616    94% /home/spare2
//elephant/d$    57640960    49342464    8298496    86% /mnt/elephant_d
```



Φυσική Θέση

Δικτυακός
δίσκος



Θέση στο filesystem

Εντολή mount

21

- Η εντολή mount μας δείχνει πληροφορίες για τις προσαρτήσεις.

```
[root@astrahan asidirop]# mount
/dev/hda1 on / type ext3 (rw)
none on /proc type proc (rw)
none on /sys type sysfs (rw)
none on /dev/pts type devpts (rw,gid=5,mode=620)
usbfs on /proc/bus/usb type usbfs (rw)
none on /dev/shm type tmpfs (rw)
/dev/sda1 on /home type ext3 (rw)
/dev/hda4 on /home/vmware type ext3 (rw)
/dev/hda3 on /mnt/ntfs type ntfs (rw,icharset=utf8,uid=500)
/dev/sda2 on /home/spare2 type ext3 (rw)
none on /proc/sys/fs/binfmt_misc type binfmt_misc (rw)
none on /var/named/chroot/proc type proc (rw)
sunrpc on /var/lib/nfs/rpc_pipefs type rpc_pipefs (rw)
//elephant/d$ on /mnt/elephant_d type smbfs (0)
```

Φυσική Θέση

Θέση στο filesystem

τύπος

Παράδειγμα /etc/fstab

22

```
[root@astrahan asidirop]# more /etc/fstab
# This file is edited by fstab-sync - see 'man fstab-sync' for details
LABEL=/                /                ext3    defaults        1 1
#/dev/hda1             /                ext3    defaults        1 1
none                   /dev/pts         devpts  gid=5,mode=620  0 0
none                   /dev/shm         tmpfs   defaults        0 0
LABEL=HOME_NEW         /home            ext3    defaults        1 2
LABEL=VMWARE           /home/vmware     ext3    defaults        1 2
none                   /proc            proc    defaults        0 0
none                   /sys             sysfs   defaults        0 0
/dev/hda2              swap             swap    defaults        0 0
/dev/hda3              /mnt/ntfs        ntfs    defaults,iocharset=utf8,rw,uid=asidirop 1 2
LABEL=SPARE2_NEW       /home/spare2     ext3    defaults        1 2
/dev/hdb5              /mnt/spare1      vfat    defaults,iocharset=utf8,rw,uid=asidirop 1 2
/dev/hdd               /media/cdrecorder auto fscontext=system_u:object_r:removable_t,managed 0
0
/dev/hdc               /media/cdrecorder1 auto
pamconsole,exec,noauto,fscontext=system_u:object_r:removable_t,managed 0 0
```

Φυσική Θέση

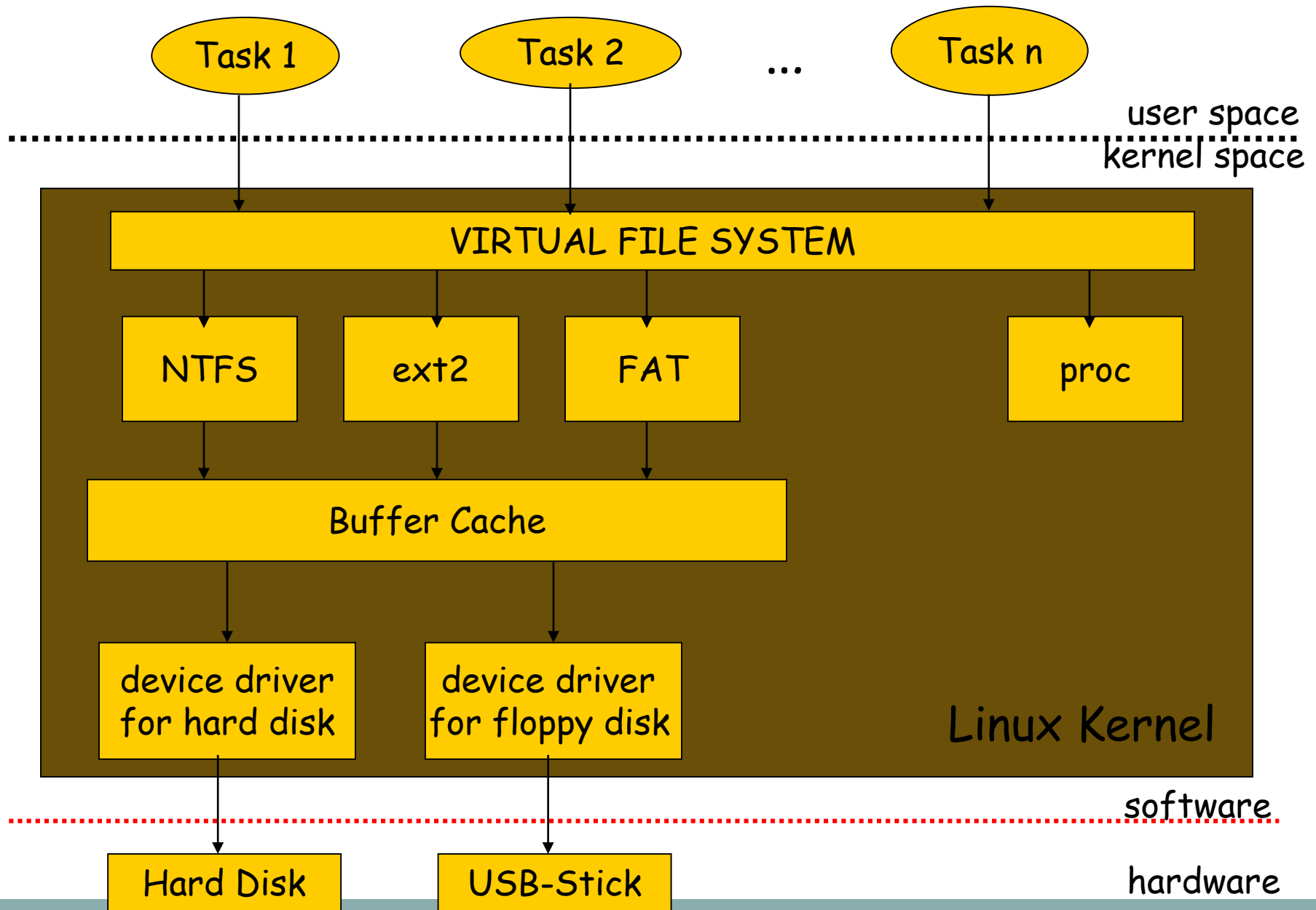
Θέση στο filesystem

τύπος

File Systems



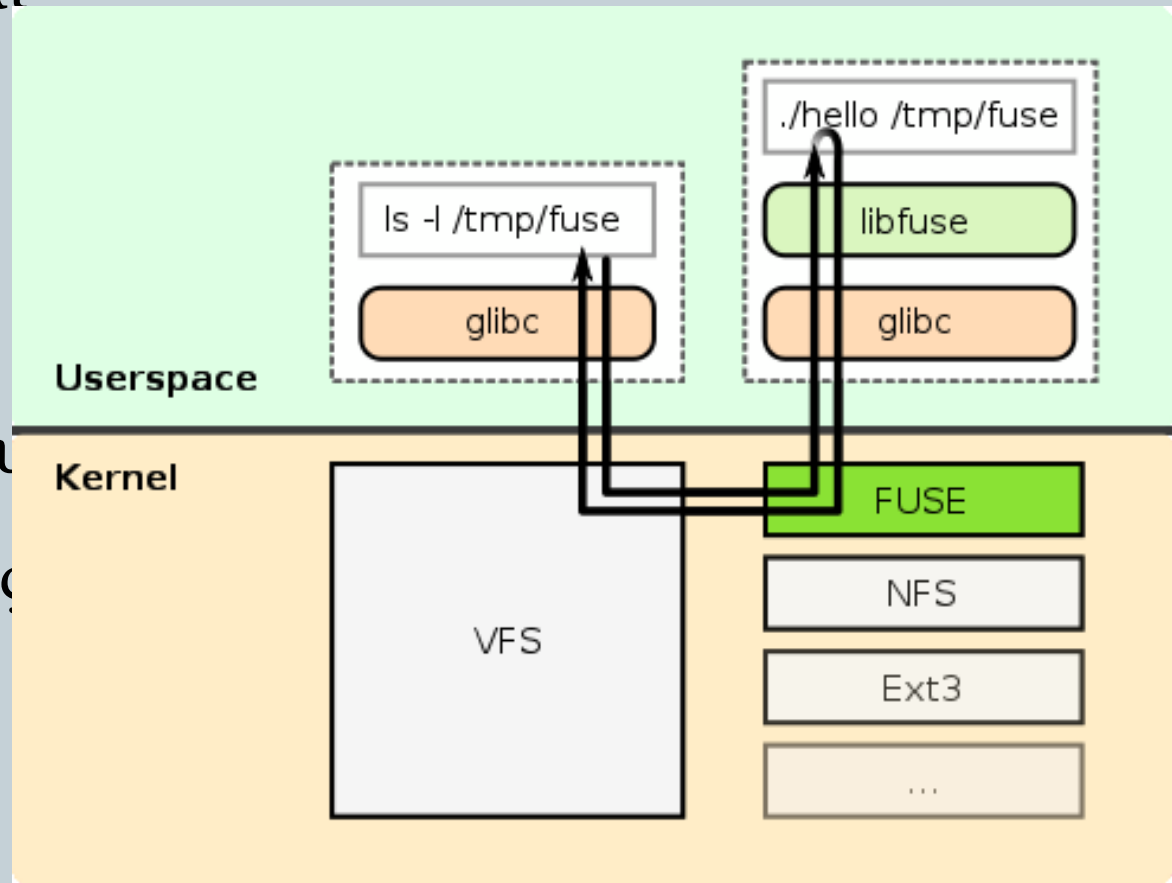
- Το σύστημα αρχείων του Linux εμφανίζεται στο χρήστη ως μια ιεραρχική δομή καταλόγων που είναι σύμφωνο με τις θεμελιώδεις αρχές του UNIX.
- Εσωτερικά, ο πυρήνας αποκρύπτει τις λεπτομέρειες της υλοποίησης και διαχειρίζεται τα πολλά διαφορετικά συστήματα αρχείων file μέσω ενός αφαιρετικού επιπέδου που είναι το *virtual file system (VFS)*.
- Το Linux VFS σχεδιάστηκε σύμφωνα με την αντικειμενοστραφή άποψη και αποτελείται από δύο συστατικά :
 - Ένα σύνολο ορισμών που καθορίζουν το αντικείμενο
 - ✦ Οι δομές *inode-object* και *file-object* αντιστοιχούν σε μεμονωμένα αρχεία
 - ✦ Το *file system object* αντιστοιχεί σε ένα σύστημα αρχείων
 - Ένα επίπεδο λογισμικού για τη διαχείριση αυτών των αντικειμένων



Fuse

25

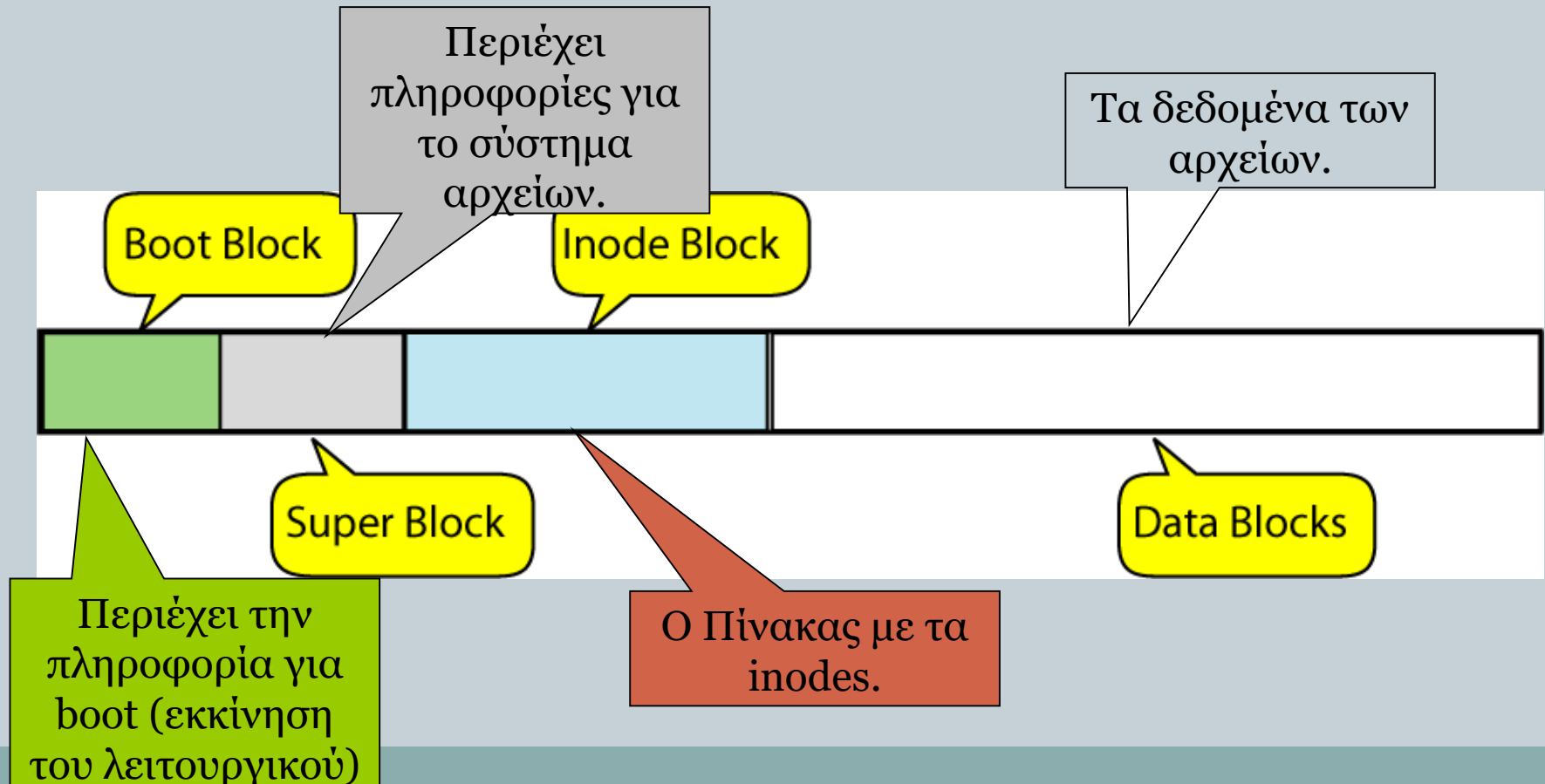
- Πλέον χρησιμοποιείται και ο οδηγός fuse (File System in User Space)
- Με την παραπάνω βιβλιοθήκη ο κάθε χρήστης μπορεί να έχει τους δικούς του δίσκους (δικτυακούς) και τις δικές του προσαρτήσεις.



Τυπική Οργάνωση ενός UNIX filesystem

26

- Μετά το format το partition περιέχει την παρακάτω δομή.

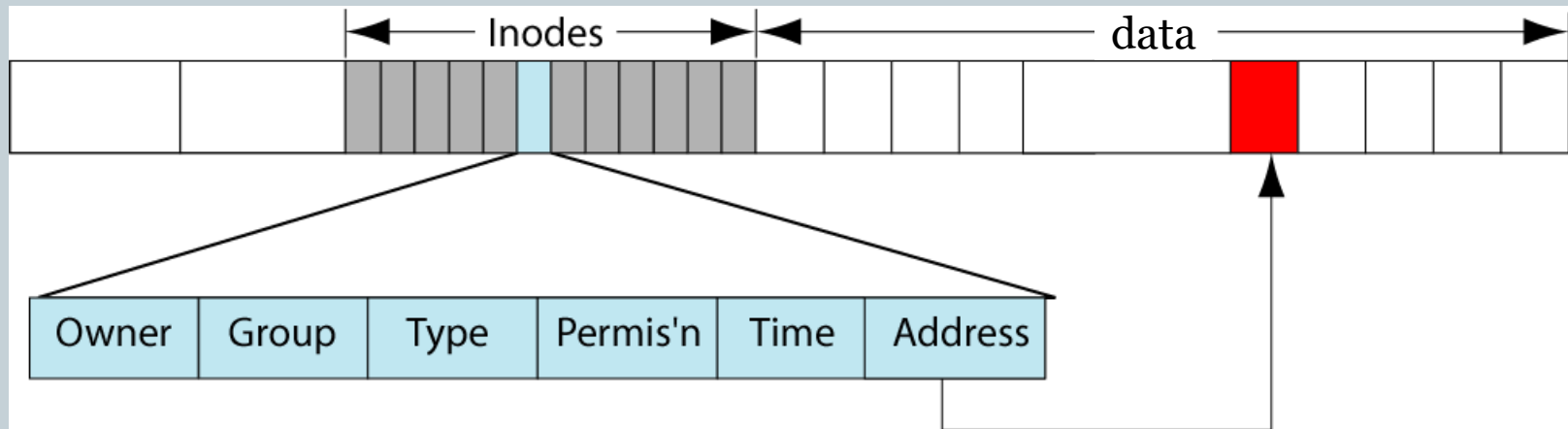


Inode

27

- Index (or information) node: Κόμβος πληροφορίας. Έχουμε ένα inode για κάθε αρχείο.
- Σε κάθε inode αντιστοιχεί ένας μοναδικός αριθμός (η θέση του στον πίνακα με τα inodes)
- κάθε inode περιέχει:
 - File type, access permissions, link count
 - UID (user id που αντιστοιχεί στον ιδιοκτήτη), GID (group id που αντιστοιχεί στην ιδιοκτήτρια ομάδα)
 - Χρονοσφραγίδα από την τελευταία ενέργεια στο αρχείο:
 - Πρόσβαση στα δεδομένα (Data access=read or execute)
 - Μετατροπή δεδομένων (Data modification=written)
 - Μετατροπή του I-node (permission change)
 - Λίστα με τα Data blocks που περιέχουν το αρχείο.

- Κάθε inode περιέχει δείκτες προς τα φυσικά blocks δεδομένων που αποτελούν το αρχείο.



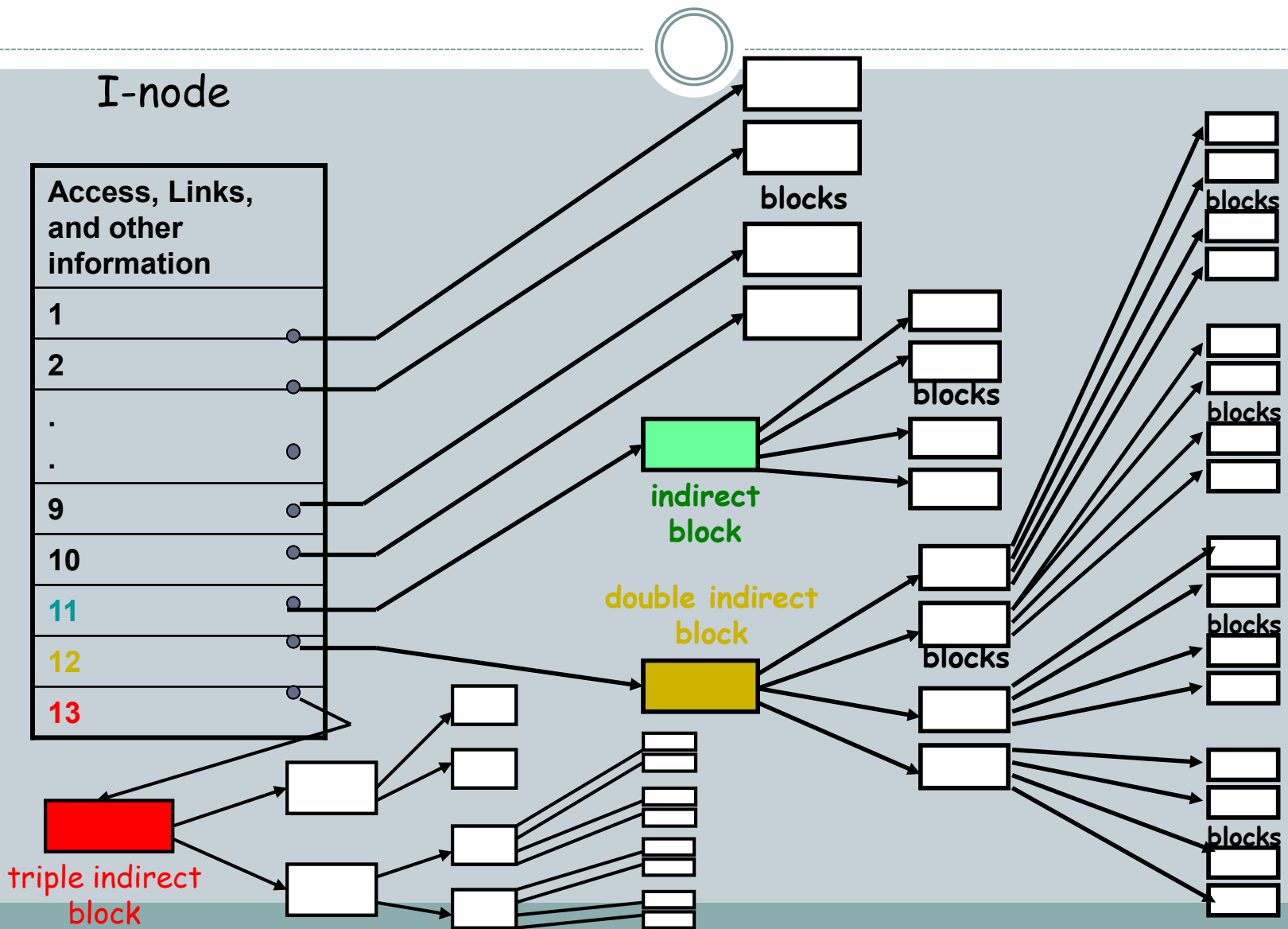
Το μέγεθος των blocks ορίζεται
κατά το format του partition

Περιεχόμενα inode: που είναι τα δεδομένα του αρχείου?

29

- Στο inode μπορούν να αποθηκευτούν:
 - 10 διευθύνσεις από data blocks του αρχείου.
 - 1 διεύθυνση από block που περιέχει διευθύνσεις από data blocks του αρχείου.
 - 1 διεύθυνση από block που περιέχει διευθύνσεις από blocks που περιέχουν διευθύνσεις από data blocks του αρχείου.
 - 1 διεύθυνση από block που περιέχει διευθύνσεις από blocks που περιέχουν διευθύνσεις από blocks που περιέχουν διευθύνσεις από data blocks του αρχείου.

I-node Structure



Δομή καταλόγου

31

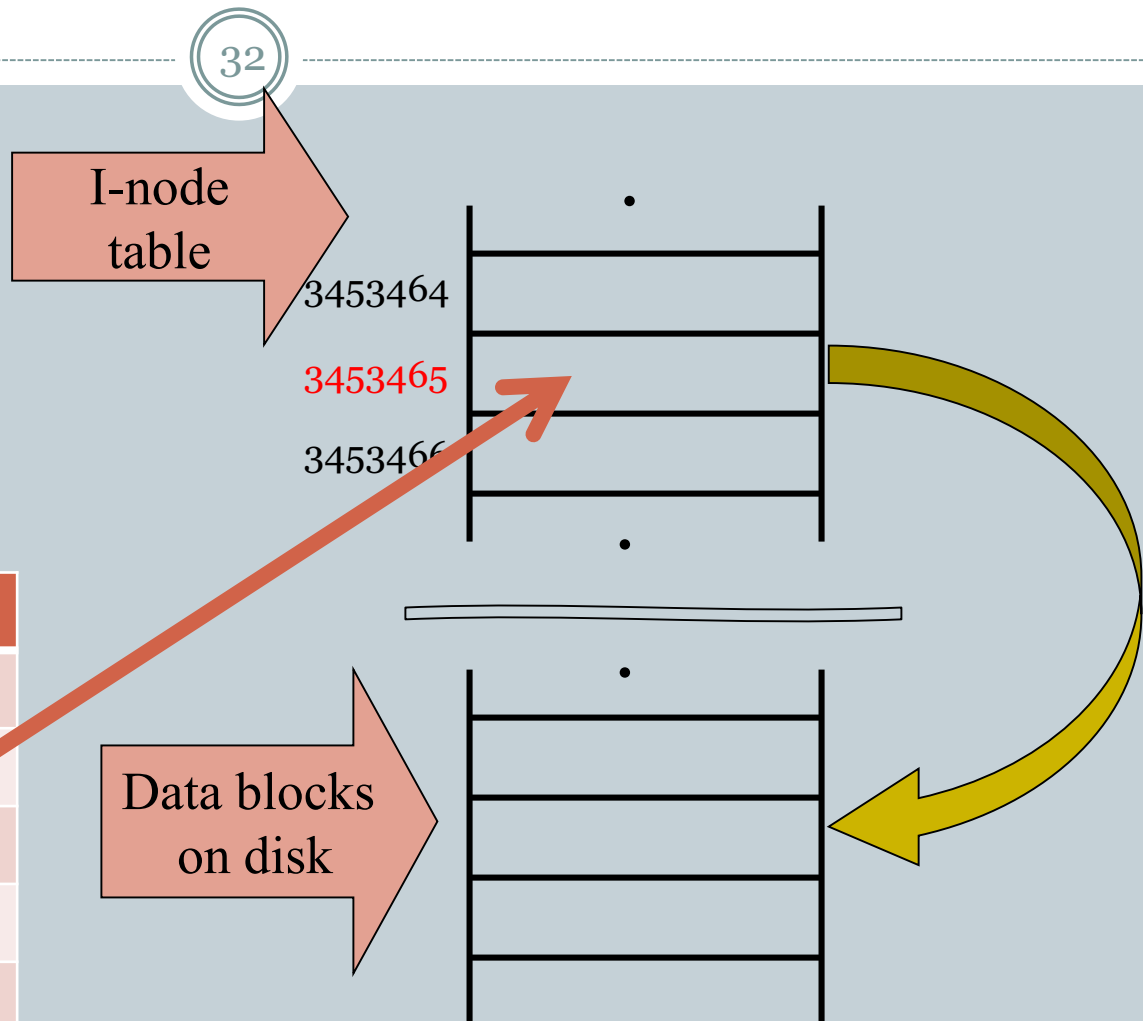
- Ένας κατάλογος είναι ένα αρχείο με διαφορετική ρύθμιση στο «τύπος αρχείου».
- Χρησιμοποιείται το γράμμα d για την αναπαράσταση του τύπου.
- Τα Data blocks ενός καταλόγου περιέχουν έναν απλό πίνακα της παρακάτω μορφής: Ποια είναι τα ονόματα αρχείων που υπάρχουν στον κατάλογο και ποιο το inode τους.

name	inode
file1	4325345
file2	3453465
file3	3564766

Δομή καταλόγου

- Στο directory περιέχεται η διεύθυνση του inode
- Στο inode περιέχονται οι διευθύνσεις των data blocks

name	inode
file1	4325345
file2	3453465
file3	3564766



Πληροφορίες inode

33

- Με το όρισμα `-li` της εντολής `ls`, μπορούμε να δούμε σε ποιο inode υπάρχουν οι πληροφορίες για το κάθε αρχείο/κατάλογο.

```
aetos_asidirop_35_$ls -lia
total 368
 4249507 drwxr-xr-x 18 asidirop it      4096 Oct 10 12:53 .
12583040 drwxr-xr-x 43 root      sys    4096 Oct 20 14:24 ..
 4249509 -rw-r--r--   1 asidirop it      3982 Dec 22  2002 .cshrc
 4249510 -rw-r--r--   1 asidirop it       631 Dec 13  2002 .login
 4943397 -rw-r--r--   1 asidirop it         6 Dec  5  2004 .mailboxlist
 8421158 drwxr-xr-x  2 asidirop it       27 Dec 31  2002 BAKS
13400588 drwx-----  2 asidirop it      130 May 14  2004 DBII
29554097 drwxr-xr-x  2 asidirop it      115 May  4  2004 DBII_lab6
 4242824 -rw-r--r--   1 asidirop it     3253 Oct 10 12:54 all.txt
  89576 drwx-----  2 asidirop it        53 Jan 18  2003 courses
 4242823 -rw-r--r--   1 asidirop it     2170 Oct 10 12:53 db.txt
 9243983 drwx--x--x   2 asidirop it     4096 Oct  7 13:43 dbii_bin
 4510661 -rw-r--r--   1 asidirop it    37166 Aug 30  2003 kernel-ntfs-2.4.i686.rpm
```

I-node

Σύνδεσμοι (links) σε αρχεία

34

- ένας σύνδεσμος (link) είναι μια αναφορά προς ένα άλλο αρχείο.
- Αντίστοιχα στα windows υπάρχει η ορολογία «shortcut»
- Οι σύνδεσμοι στο unix χωρίζονται σε 2 κατηγορίες
 - Hard link – σκληρός σύνδεσμος
 - Symbolic link (a.k.a. “soft link”) – συμβολικός σύνδεσμος
- Ο συμβολικός σύνδεσμος «μοιάζει» με το «shortcut» των windows.

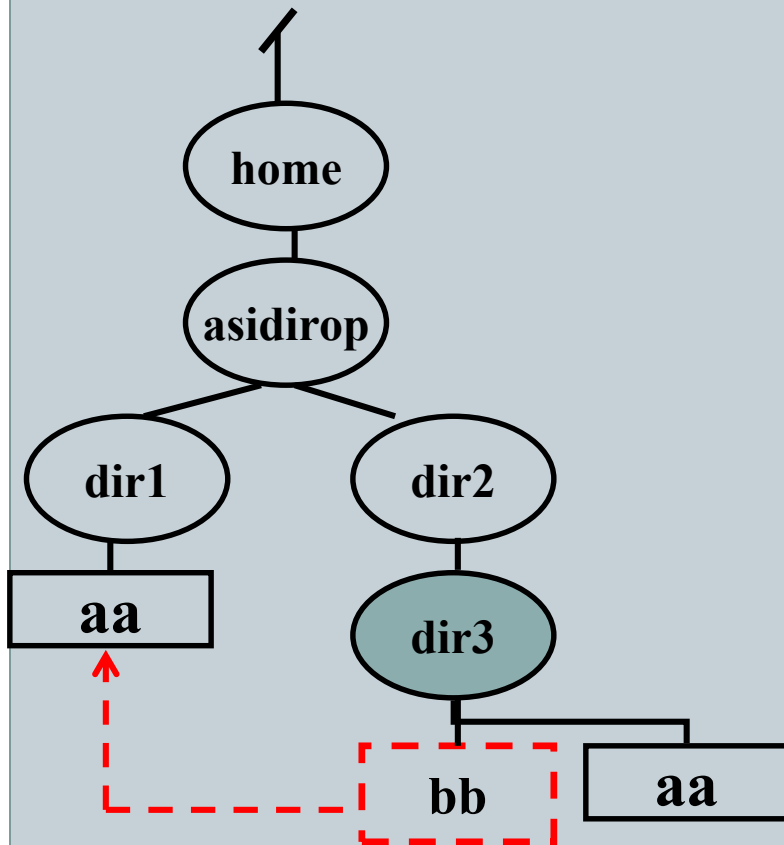
εντολή ln

35

- Η δημιουργία συνδέσμων γίνεται με την εντολή ln
- ΣΥΝΤΑΞΗ: `ln [OPTIONS] TARGET LINK_NAME`
- τα περισσότερα σημαντικά option είναι το `-s`, το οποίο αλλάζει την λειτουργία της ln.
 - Με το όρισμα `-s` δημιουργείται συμβολικός σύνδεσμος.
 - χωρίς το `-s` δημιουργείται σκληρός σύνδεσμος.

Hard Links

36



- Έστω ότι έχουμε ως τρέχον φάκελο εργασίας (cwd) τον φάκελο `dir3`, και θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα link προς το αρχείο “aa” που βρίσκεται στον φάκελο `dir1`.
- (στον φάκελο `dir3` υπάρχει ένα ΆΛΛΟ αρχείο με το όνομα “aa”)
- Το link θα το ονομάσουμε “bb”
- Η εντολή:

```
ln /home/asidirop/dir1/aa bb
```

θα δημιουργήσει το link
- Αν δεν είχαμε ως τρέχον φάκελο (cwd) τον `dir3`, τότε θα έπρεπε να αναφερθούμε στο `bb` με απόλυτη ή σχετική διαδρομή. πχ:

```
ln /home/asidirop/dir1/aa  
/home/asidirop/dir2/dir3/bb
```

Hard Links

37

- πριν από την δημιουργία του link.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ls -lai dir1 dir2/dir3/
dir1:
total 20
8257982 drwxr-xr-x    2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:14 .
4718593 drwxr-xr-x  139 asidirop asidirop 12288 2012-06-06 21:08 ..
8258037 -rw-r--r--     1 asidirop asidirop    25 2012-06-06 21:14 aa

dir2/dir3/:
total 12
8257984 drwxr-xr-x  2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:08 .
8257983 drwxr-xr-x  3 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:07 ..
8257987 -rw-r--r--  1 asidirop asidirop    50 2012-06-06 21:08 aa
```

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987

Hard Links

38

- Εικόνα πριν από το link.

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987

8257982
8257983
8257984

8257987

8258037

inode table

...

...

...

...

...

data blocks

...

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

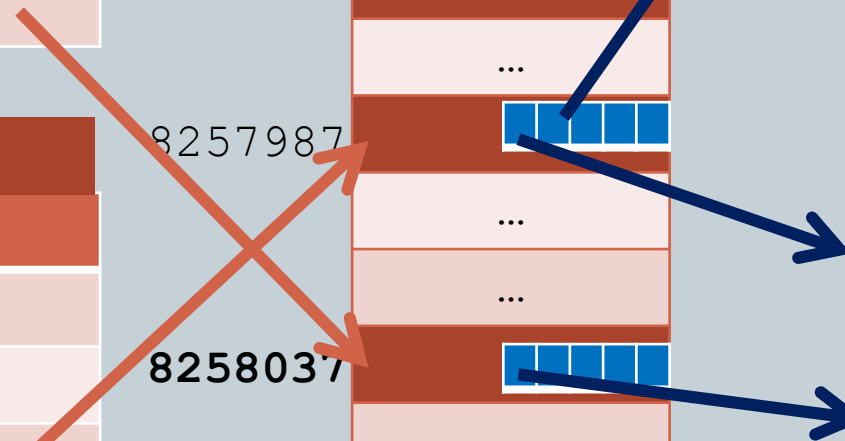
1008

1009

1010

1011

...



Hard Links

39

- Στο προηγούμενο σχήμα:
 - το αρχείο αα του dir1 αντιστοιχεί στο inode: 8258037
 - το αρχείο αα του dir3 αντιστοιχεί στο inode: 8257987
 - Το dir1/αα είναι αποθηκευμένο στο data block 1010
 - Το dir3/αα είναι αποθηκευμένο στα data blocks 1008, 1001

Hard Links

- μετά από την δημιουργία του link.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ln /home/asidirop/dir1/aa /home/asidirop/dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ ls -lai dir1 dir2/dir3/
dir1:
total 20
8257982 drwxr-xr-x  2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:14 .
4718593 drwxr-xr-x 139 asidirop asidirop 12288 2012-06-06 21:08 ..
8258037 -rw-r--r--   2 asidirop asidirop    25 2012-06-06 21:14 aa

dir2/dir3/:
total 16
8257984 drwxr-xr-x  2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:38 .
8257983 drwxr-xr-x  3 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:07 ..
8257987 -rw-r--r--  1 asidirop asidirop    50 2012-06-06 21:08 aa
8258037 -rw-r--r--  2 asidirop asidirop    25 2012-06-06 21:14 bb
```

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987
bb	8258037

Hard Links

41

- Εικόνα μετά από το link.

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987
bb	8258037

8257982
8257983
8257984

8257987

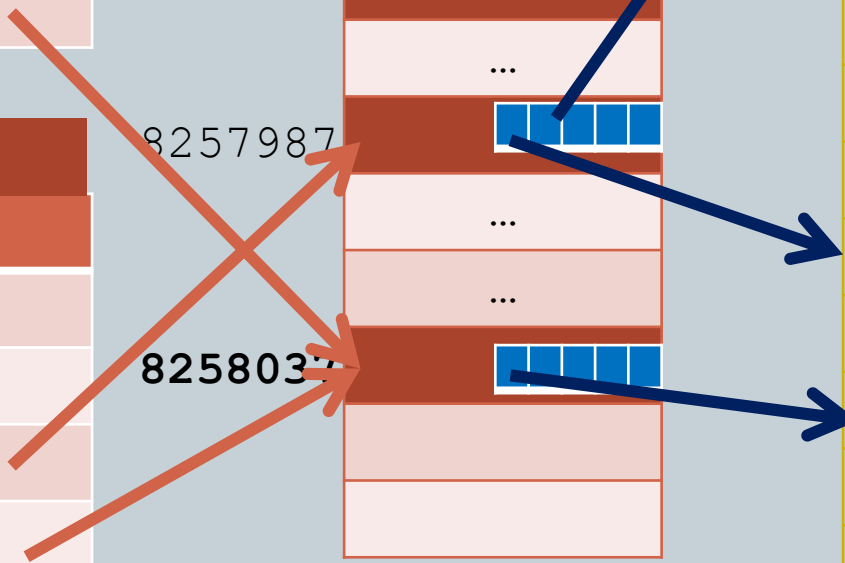
8258037

inode table

...
...
8257982
8257983
8257984
...
8257987
...
...
8258037
...
...

data blocks

...	
1001	
1002	
1003	
1004	
1005	
1006	
1007	
1008	
1009	
1010	
1011	
...	



Hard Links

42


- Τα αρχεία `dir1/aa` και `dir3/bb` είναι ακριβώς τα ίδια. (εφόσον και στις 2 περιπτώσεις θα διαβάσει το σύστημα τα δεδομένα από το data block 1010) – άρα αν μεταβάλουμε τα περιεχόμενα του ενός θα αλλάξουν και του άλλου.
- Αν αλλάξουμε τις άδειες χρήσης στο ένα, θα αλλάξουν και στο άλλο (εφόσον και τα 2 αρχεία αντιστοιχούν στο inode 8258037)

```
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir1/aa
this tis file aa of dir1
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/aa
this is file aa of dir3!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/bb
this tis file aa of dir1
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rw-r--r-- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rw-r--r-- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ chmod 700 dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
```

Hard Links

43

- Πρέπει να σημειωθεί ότι στο κάθε inode, αποθηκεύεται η πληροφορία «πόσα links υπάρχουν προς εμένα». Αυτήν την πληροφορία μας την δίνει η ls. Για το αρχείο στο οποίο δημιουργήσαμε link, ο μετρητής αυτός είναι «2».
- Αν σβήσουμε το αρχικό αρχείο (dir1/aa)... τι θα γίνει?



```
asidirop@antonis-PC ~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
```

Hard Links

44

- Μετά την διαγραφή του αρχικού αρχείου το link εξακολουθεί να υπάρχει!!!!
- Ο μετρητής στο inode έγινε 1 (από 2)
- Το αρχείο εξακολουθεί να υπάρχει
- Το unix θα διαγράψει ένα αρχείο (ένα inode και άρα θα ελευθερώσει τα data blocks) μόνο αν ο μετρητής φτάσει στο «0».
- Στην πραγματικότητα, με τους σκληρούς συνδέσμους το αρχικό αρχείο και ο σύνδεσμος είναι ισοδύναμα και ίδια!!!

```
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ rm dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
ls: cannot access dir1/aa: No such file or directory
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rwx----- 1 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/bb
this tis file aa of dir1
```

Hard Links

45

- Μπορούμε να ξαναέρθουμε ακριβώς στην προηγούμενη κατάσταση δημιουργώντας ένα link με όνομα aa στο dir1 να δείχνει προς το dir2/dir3/bb

```
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
ls: cannot access dir1/aa: No such file or directory
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rwx----- 1 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/bb
this tis file aa of dir1
asidirop@antonis-PC:~$ ln dir2/dir3/bb dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8258037 -rwx----- 2 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir1/aa
this tis file aa of dir1
```

Hard Links

46

Πλεονεκτήματα

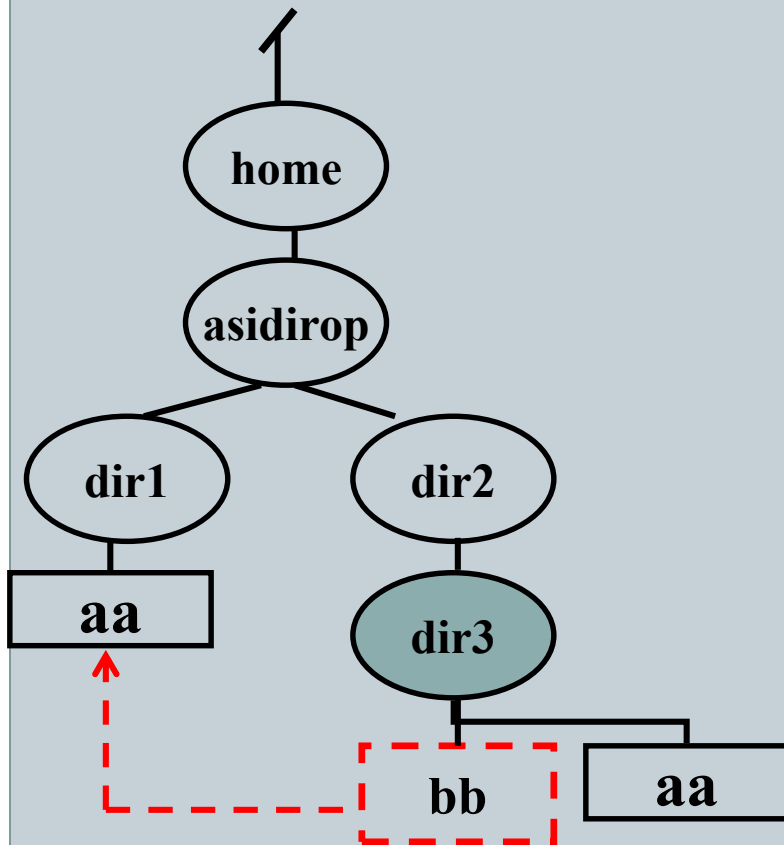
- Επιτρέπει άμεση πρόσβαση στο αρχικό αρχείο μέσω το inode.
- Το αρχείο εξακολουθεί να υπάρχει όσο υπάρχει κάποιο link σε αυτό από κάποιον κατάλογο.
- Κατά την δημιουργία του link ελέγχεται (αναπόφευκτα) η ύπαρξη του αρχείου.

Μειονεκτήματα

- **Δεν μπορεί να δημιουργηθεί σύνδεσμος προς διαφορετικό filesystem** (πχ: προς διαφορετικό partition)
- Στην περίπτωση που το link δημιουργήθηκε από άλλον χρήστη (όχι τον ιδιοκτήτη) – ο ιδιοκτήτης τελικά δεν μπορεί να σβήσει το αρχείο
- Δεν επιτρέπεται η δημιουργία link σε φάκελο.

Symbolic Links

47



- Έστω ότι έχουμε ως τρέχον φάκελο εργασίας (cwd) τον φάκελο `dir3`, και θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα link προς το αρχείο “aa” που βρίσκεται στον φάκελο `dir1`.
- (στον φάκελο `dir3` υπάρχει ένα ΆΛΛΟ αρχείο με το όνομα “aa”)
- Το link θα το ονομάσουμε “bb”
- Η εντολή:
`ln -s /home/asidirop/dir1/aa bb`
θα δημιουργήσει το link
- Αν δεν είχαμε ως τρέχον φάκελο (cwd) τον `dir3`, τότε θα έπρεπε να αναφερθούμε στο `bb` με απόλυτη ή σχετική διαδρομή. πχ:
`ln -s /home/asidirop/dir1/aa /home/asidirop/dir2/dir3/bb`

Symbolic Links

48

- Είναι όμως σημαντικό πως θα αναφερθούμε στο αρχείο στόχο. Με σχετική ή με απόλυτη διαδρομή?
- Εάν αναφερθούμε με απόλυτη διαδρομή τότε το link θα περιέχει την απόλυτη διαδρομή.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ln -s /home/asidirop/dir1/aa dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8257985 lrwxrwxrwx 1 asidirop asidirop 22 2012-06-06 22:31 dir2/dir3/bb
-> /home/asidirop/dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$
```


Symbolic Links

49

- Εάν αναφερθούμε με σχετική διαδρομή τότε το link θα περιέχει την σχετική διαδρομή.
- ΠΡΟΣΟΧΗ: Η σχετική διαδρομή δεν πρέπει να είναι σχετική ως προς τον τρέχον φάκελο (cwd) αλλά ως προς τον φάκελο στον οποίο θα δημιουργηθεί το link.
- Το παρακάτω δεν δούλεψε σωστά.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ln -s dir1/aa dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8257985 lrwxrwxrwx 1 asidirop asidirop 7 2012-06-06 22:32 dir2/dir3/bb
-> dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/bb
cat: dir2/dir3/bb: No such file or directory
```

Symbolic Links

50

- Η σχετική διαδρομή του «στόχου» πρέπει να είναι σχετική με τον φάκελο στον οποίο θα βρίσκεται το link.
 - Αν μετακινήσουμε τον φάκελο dir3 ή dir2, τότε η σχετική διαδρομή θα είναι λάθος.
 - Αν μετακινήσουμε τον φάκελο dir1, τότε η σχετική διαδρομή θα είναι λάθος.
 - Αν μετακινήσουμε στο ίδιο σημείο dir1 και dir2, οι σχετικές διαδρομές θα εξακολουθούν να ισχύουν.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ln -s ../../dir1/aa dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8257985 lrwxrwxrwx 1 asidirop asidirop 13 2012-06-06 22:35 dir2/dir3/bb
-> ../../dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/bb
this tis file aa of dir1
asidirop@antonis-PC:~$
```

Symbolic Links

51

- Αν είχαμε απόλυτη διαδρομή στο symbolic link
 - Αν μετακινήσουμε τον φάκελο `dir3` ή `dir2`, τότε η απόλυτη διαδρομή θα εξακολουθεί να είναι σωστή.
 - Αν μετακινήσουμε τον φάκελο `dir1`, τότε η απόλυτη διαδρομή θα είναι λάθος.
 - Αν μετακινήσουμε στο ίδιο σημείο `dir1` και `dir2`, η απόλυτη διαδρομή θα είναι λάθος.

Symbolic Links

52

- πριν από την δημιουργία του link.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ls -lai dir1 dir2/dir3/
dir1:
total 20
8257982 drwxr-xr-x    2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:14 .
4718593 drwxr-xr-x 139 asidirop asidirop 12288 2012-06-06 21:08 ..
8258037 -rw-r--r--    1 asidirop asidirop    25 2012-06-06 21:14 aa

dir2/dir3/:
total 12
8257984 drwxr-xr-x  2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:08 .
8257983 drwxr-xr-x  3 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:07 ..
8257987 -rw-r--r--  1 asidirop asidirop    50 2012-06-06 21:08 aa
```

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987

Symbolic Links

53

- Εικόνα πριν από το link.

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987

8257983
8257984
8257985

inode table

...

...

...

8257987

...

...

8258037

data blocks

...

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

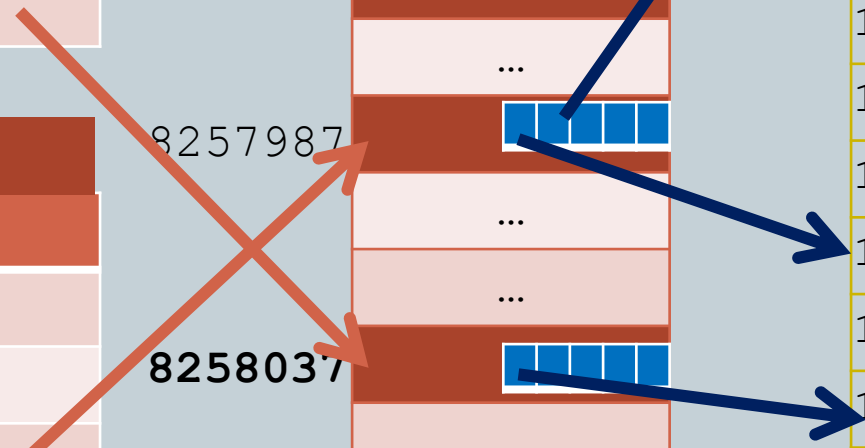
1008

1009

1010

1011

...



Symbolic Links

54

- Στο προηγούμενο σχήμα:
 - το αρχείο αα του dir1 αντιστοιχεί στο inode: 8258037
 - το αρχείο αα του dir1 αντιστοιχεί στο inode: 8257987
 - Το dir1/αα είναι αποθηκευμένο στο data block 1010
 - Το dir3/αα είναι αποθηκευμένο στα data blocks 1008, 1001

Symbolic Links

- μετά από την δημιουργία του link.

```
asidirop@antonis-PC:~$ ln -s /home/asidirop/dir1/aa /home/asidirop/dir2/dir3/bb
asidirop@antonis-PC:~$ ls -lai dir1 dir2/dir3/
dir1:
total 20
8257982 drwxr-xr-x  2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:14 .
4718593 drwxr-xr-x 139 asidirop asidirop 12288 2012-06-06 21:08 ..
8258037 -rw-r--r--   2 asidirop asidirop    25 2012-06-06 21:14 aa

dir2/dir3/:
total 16
8257984 drwxr-xr-x  2 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:38 .
8257983 drwxr-xr-x  3 asidirop asidirop  4096 2012-06-06 21:07 ..
8257987 -rw-r--r--  1 asidirop asidirop    50 2012-06-06 21:08 aa
8257985 lrwxrwxrwx  1 asidirop asidirop    22 2012-06-06 22:42 bb ->
/home/asidirop/dir1/aa
```

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987
bb	8257985

Symbolic Links

56

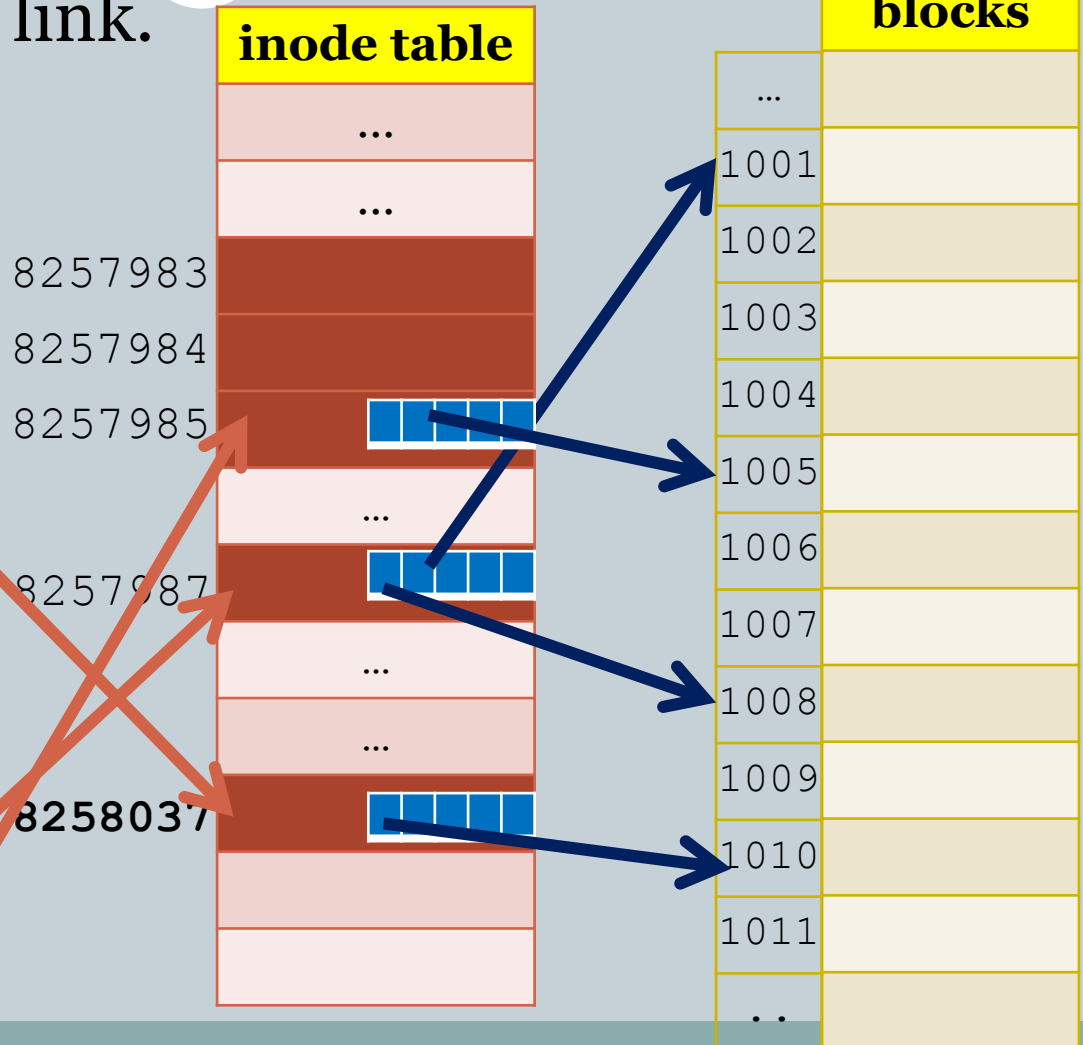
- Εικόνα μετά από το link.

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987
bb	8257985



Symbolic Links

57

ας αφαιρέσουμε από την εικόνα το dir3/aa που δεν μας ενδιαφέρει.

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

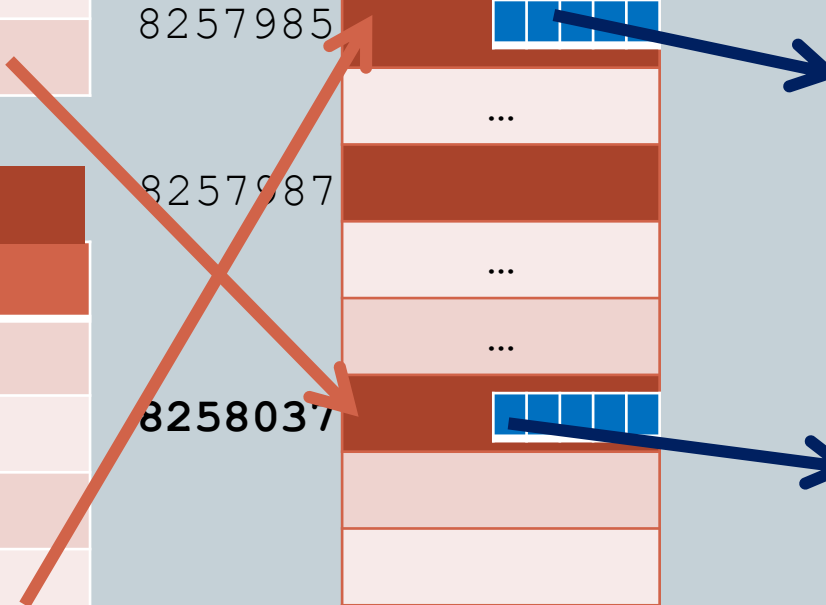
name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987
bb	8257985

inode table

...
...
8257983
8257984
8257985
...
8257987
...
...
8258037
...
...

data blocks

...	
1001	
1002	
1003	
1004	
1005	
1006	
1007	
1008	
1009	
1010	
1011	
...	



Symbolic Links

58

- Το datablock του link περιέχει την διαδρομή προς το αρχείο.

dir1 contents:

name	inode
.	8257982
..	4718593
aa	8258037

dir3 contents:

name	inode
.	8257984
..	8257983
aa	8257987
bb	8257985

inode table

...
...
8257983
8257984
8257985
...
8257987
...
...
8258037
...

/home/asidirop/dir1/aa

data blocks

...
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
...

this is file
aa of dir1

Symbolic Links

59

- Όταν θα προσπαθήσουμε να δούμε τα περιεχόμενα του `dir3/bb` το σύστημα (αφού ακολουθήσει το `inode 8257985`) θα διαβάσει την διαδρομή του «στόχου» από το `data block 1005`.
- Θα ακολουθήσει την διαδρομή (διαβάζοντας όλα τα ενδιάμεσα `directories` και `inodes`)
- Θα καταλήξει στον κατάλογο `/home/asidirop/dir1/`. Θα βρει ότι το αρχείο `aa` αντιστοιχεί στο `inode 8258037` και θα καταλήξει στο `data block 1010` απ' όπου θα διαβάσει το «**this is file aa of dir1**»

```
asidirop@antonis-PC:~$ ls -li dir1/aa dir2/dir3/*
8258037 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 25 2012-06-06 21:14 dir1/aa
8257987 -rw-r--r-- 1 asidirop asidirop 50 2012-06-06 21:08 dir2/dir3/aa
8257985 lrwxrwxrwx 1 asidirop asidirop 22 2012-06-06 22:42 dir2/dir3/bb
-> /home/asidirop/dir1/aa
asidirop@antonis-PC:~$ cat dir2/dir3/bb
this tis file aa of dir1
```

Symbolic Links

60

Πλεονεκτήματα

- Επιτρέπει πρόσβαση στο αρχικό αρχείο.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί απόλυτη ή σχετική διαδρομή (ανάλογα ποια ταιριάζει καλύτερα)
- Μπορεί να δημιουργηθεί σύνδεσμος προς διαφορετικό filesystem (πχ: προς διαφορετικό partition)
- Επιτρέπεται η δημιουργία link προς κατάλογο.

Μειονεκτήματα

- **Δημιουργείται (το link) χωρίς τον έλεγχο ύπαρξης ή όχι της διαδρομής του στόχου που δίνεται.**
- Δεν επιτρέπεται η πρόσβαση στο αρχείο στόχος αν ο κατάλογος στον οποίο βρίσκεται το αρχείο στόχος(ή κάποιος γονικός) είναι κλειδωμένος.
- Μπορεί να δημιουργηθούν κύκλοι (symbol link a που δείχνει στο b, και το b είναι link που δείχνει στο a)