# Napredno korištenje operacijskog sustava Linux

## 2. Datotečni sustav, RAID, LVM, kvote

Leonard Volarić Horvat
Nositelj: doc.dr.sc. Stjepan Groš

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

11.03.2017

# Sadržaj

# Datotečni sustav

# File system

- Datotečni sustav (*file system*) određuje način spremanja i dohvaćanja podataka s medija
  - na tvrdom disku određen za svaku particiju
  - inicijalizacija *formatiranjem*

- Funkcionalnosti *file systema*:
  - normiranje imena datoteka i upravljanje direktorijima
  - metadata na datotekama
  - upravljanje prostorom na mediju:
    - smještanje podataka u sektore
    - grupiranje sektora u blokove
    - briga o fragmentiranim fajlovima

# File system

- *File system* sadrži:
  - opisnike fajlova (veličina, lokacija, fragmentacija...)
  - imena fajlova
  - hijerarhiju direktorija (npr. FHS)
  - svoje parametre (npr. veličina bloka)

- Dakle, *file system* je:
  - sučelje između bajtova na disku i njihovog grupiranja u smislene cjeline
  - skup metapodataka koji opisuju pohranjene podatke

# Neki datotečni sustavi

- FAT - *File Allocation Table*
  - Masovna podrška
  - FAT12 ->VFAT ->FAT16 ->FAT32 ->exFAT
  - Najveća veličina datoteke 4 GiB (FAT32)
- ext - *extended filesystem*
  - Razvijen za Linux sustave
  - ext2, ext3, ext4
  - ext4 danas najčešće korišten
  - Struktura metapodataka prilagođena Unix file systemu
  - Datoteke predstavljene strukturom *inode*
  - ext3 uvodi *journaling*

# Ostali tipovi

- ISO 9660
- Linear Tape FS
- GlusterFS, BeeGFS
- zfs, btrfs
- NTFS - danas najčešći FS na modernim Windows verzijama
- posebni: swap, tmpfs

swap

- *Paging* particija
- Dio virtualne memorije

tmpfs

- Spremanje podataka na RAM
- Obično montiran na `/tmp`

# Journaling

- Bilježenje promjena u FS-u
- Drastično se pospješuje robusnost sustava u slučaju kvara:
  - veća vjerojatnost uspješnog vraćanja izgubljenih podataka
  - lakša i puno brža dijagnoza i popravljanje kvara
- Konfigurabilna granulacija logova

# inode

- Struktura koja pohranjuje metapodatke o fajlu
- Dozvole, ID vlasnika, GID, veličina, broj hard linkova, MAC vremena
- Opaska: ime fajla **nije** zapisano u inodeu nego u direktoriju
  - *Everything is a file!*
  - direktorij je poseban fajl koji sadrži imena svih fajlova koje (konceptualno) sadrži
- Ovakav zapis omogućuje efikasno kopiranje i premještanje fajlova
  - kopiranje: dodavanje novog para (ime,inode) u ciljani direktorij
  - premještanje: dodavanje novog para u ciljani i brisanje starog para iz izvornog direktorija
  - **nema potrebe za stvarnim potencijalno dugotrajnim premještanjem sadržaja fajla**
- Ispis inodeova: *ls -i*

# ext2

Ispod površine ext2fs:

- FS je podijeljen u blokove, 1-4KiB
- Blokovi su povezani u blok-grupe, veličine 8-512MiB.
- Svaka grupa sadrži:
  - jedan superblok - podaci o FS
  - FS opisnik (sigurnosna redundancija)
  - podatke
- File je predstavljen strukturom inode (*index node*)
- inode ima 15 pointera na podatke
- Ovisno o veličini blokova restrikcije su

| | |
|---|---|
| Max file size | 16 GiB - 2 TiB |
| Max FS size | 4 TiB - 32 TiB |

# Upravljanje particijama

Stvaranje ext2fs:

- stvoriti particiju
- stvoriti FS
- montirati FS

`fdisk`

- Alat za uređivanje particija na disku
- fdisk u općenitom slučaju **ne formatira** particije
- Interaktivni način rada

`mkfs` odnosno `mkfs.<type>`

- Kreira filesystem
- **Formatira ciljani uređaj!**

# Montiranje

- Postupak dodijeljivanja adrese u strukturi sustava nekom filesystemu
- FS na nekom uređaju (npr. /dev/sdb1) se uvrštava u datotečnu hijerarhiju sustava (FHS)

  `mount <device> <mountpoint>`
  - Bez argumenata - popis montiranih filesystema

  `umount <mountpoint>|<device>`

- Particija se može identificirati na nekoliko načina:
  - `/dev/sda1`, `/dev/sda2`, ...
    - Moguća promjena oznaka
  - *Labela* filesystema
    `LABEL="Debian"`, ...
  - **UUID** (**U**niversally **U**nique **I**dentifier)
    `UUID="de305d54-75b4-431b-adb2-eb6b9e546014"`

# /etc/fstab

- **F**ile **S**ystem **Tab**le
- Sadrži opcije za automatsko mountanje filesystema
- Pokretanjem `mount -a` mountaju se filesystemi kako su redom navedeni u `/etc/fstab`

```
# <filesys>   <dir>   <type>   <options>           <dump> <pass>
/dev/sda1     /       ext4     defaults,noatime    0      1
/dev/sda2     none    swap     defaults            0      0
/dev/sdb1     /home   ext4     defaults,noatime    0      2
tmpfs         /tmp    tmpfs    nodev,nosuid        0      0
```

Neke korisne naredbe za rad s diskovima:

- df - ispis zauzeća uređaja s FS-om
- lsblk - ispis blok-uređaja

# FHS struktura

/ - root

| | |
|---|---|
| `bin` | *Osnovne* korisničke izvršne datoteke |
| `boot` | Datoteke bootloadera |
| `dev` | Device datoteke |
| `etc` | Konfiguracija sustava |
| `home` | Matični direktoriji korisnika |
| `lib` | Biblioteke i kernel moduli |
| `opt` | Razni softver |
| `root` | Matični direktorij korisnika `root` |
| `sbin` | Sistemske izvršne datoteke |
| `srv` | Podaci servisa na računalu |
| `tmp` | Privremeni podaci |
| `usr` | Dijeljeni dio strukture |
| `var` | Često mijenjani i privremeni podaci |

# RAID

# Konfiguracije diskova

Diskovi se u sustavu prikazuju kao logičke jedinice:

`/dev/sda`

`/dev/sdb`

`/dev/hda`

**Problem:** Pronaći metode za efikasno upravljanje raspoloživim diskovnim prostorom

- **JBOD** - Just a Bunch Of Disks
  - Diskovi se koriste neovisno
- **Spanned**
  - Više se diskova proširuje u jedan logički disk

# RAID

- **RAID** - **R**edundant **A**rray of **I**ndependent **D**isks

- *RAID polje* - logička jedinica sastavljena od više fizičkih diskova
- Prednosti
  - Povećanje prostora
  - Povećanje performansi
  - Redundancija (zaštita) podataka

- RAID-om se upravlja

  Sklopovski RAID kontrolerom

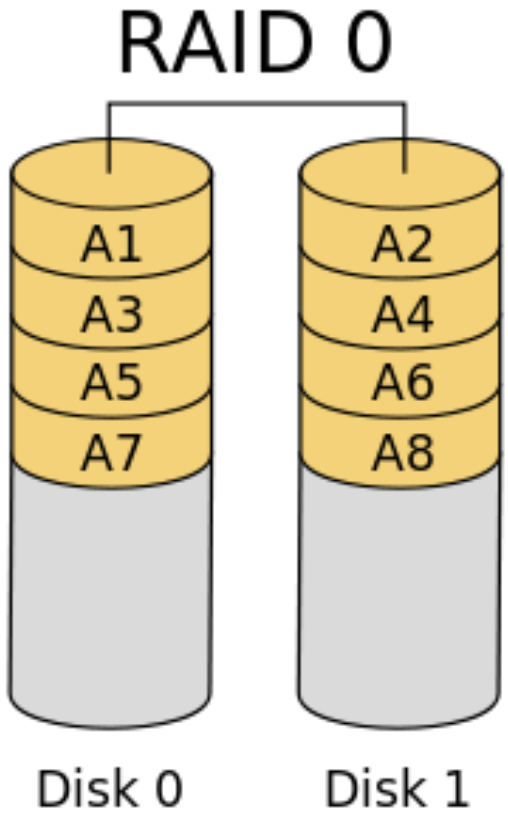
  Softverski md

- *RAID level* - Način rada RAID polja

# RAID 0

**Striping**

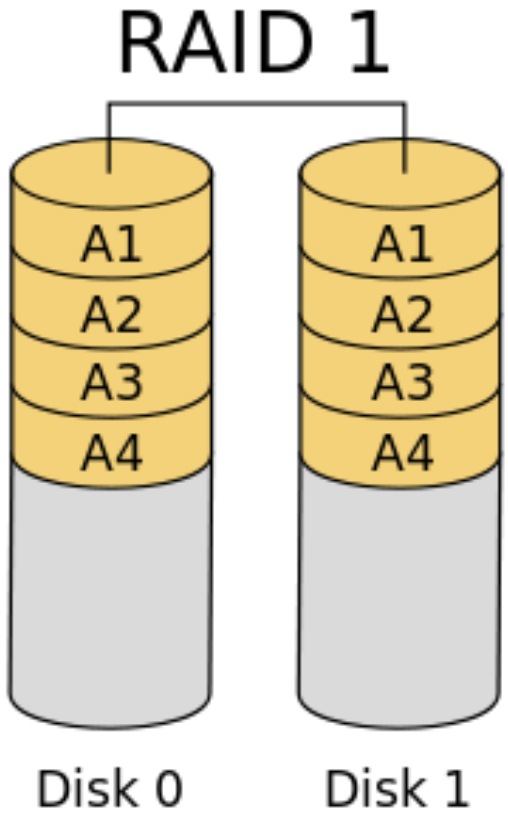
- Podaci se raspodjeljuju na više diskova
- Povećanje prostora
- Povećanje performansi
- Nema zaštite podataka



# RAID 1

**Mirror**

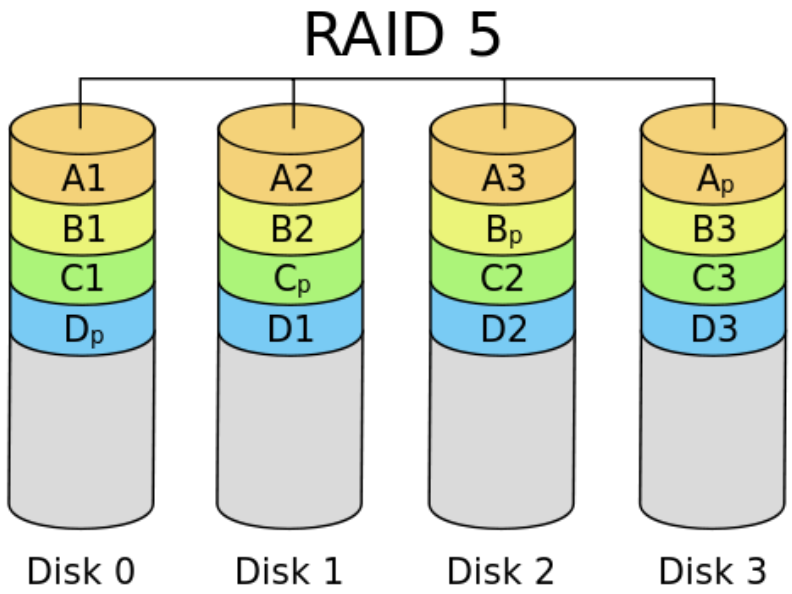
- Podaci se kopiraju na više diskova
- Zaštita podataka
- Nema povećanja prostora ni performansi



# RAID 5

**Block-striping with distributed parity**

- Podaci se raspodjeljuju na više diskova
- Svakom bloku podataka se izračunava paritet i zapisuje na jedan od diskova
- Povećanje prostora
  - Potrebno osigurati dodatni prostor za paritet
- Povećanje performansi
- Zaštita podataka



# Ostali RAID leveli

*Nisu u (širokoj) upotrebi*

**RAID 2**

- Hammingov kod za zaštitu podataka
- Dedicirani hard diskovi za zaštitne bitove

**RAID 3, 4**

- Paritetna zaštita
- Dedicirani hard disk za paritetne bitove

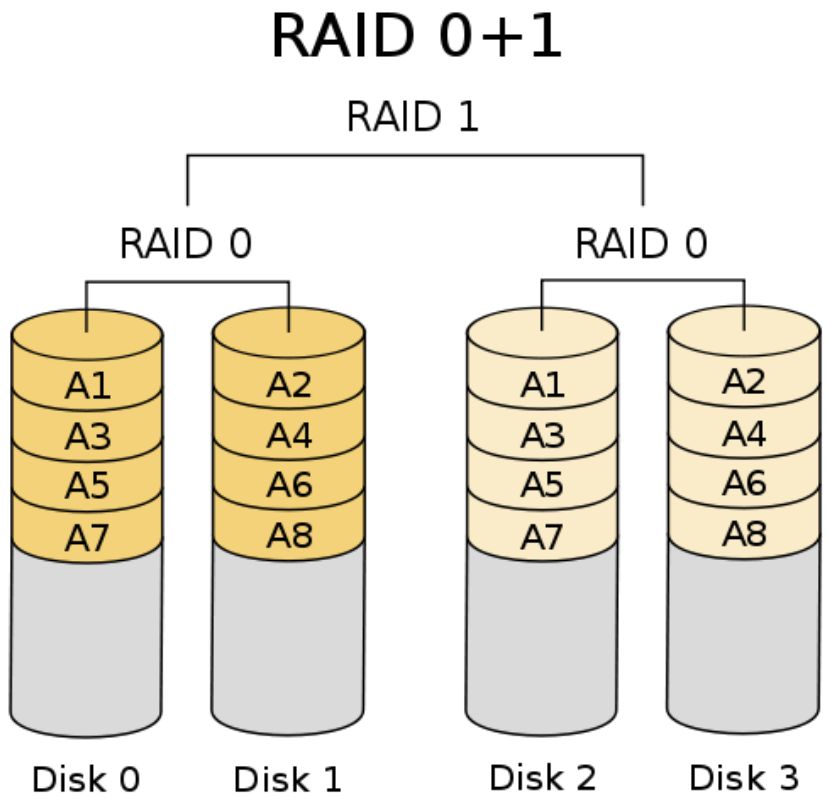
**RAID 6**

- Distribuirani zaštitni blokovi
- Dvostruki paritetni blokovi

# RAID 0+1

**Stripe, then mirror**

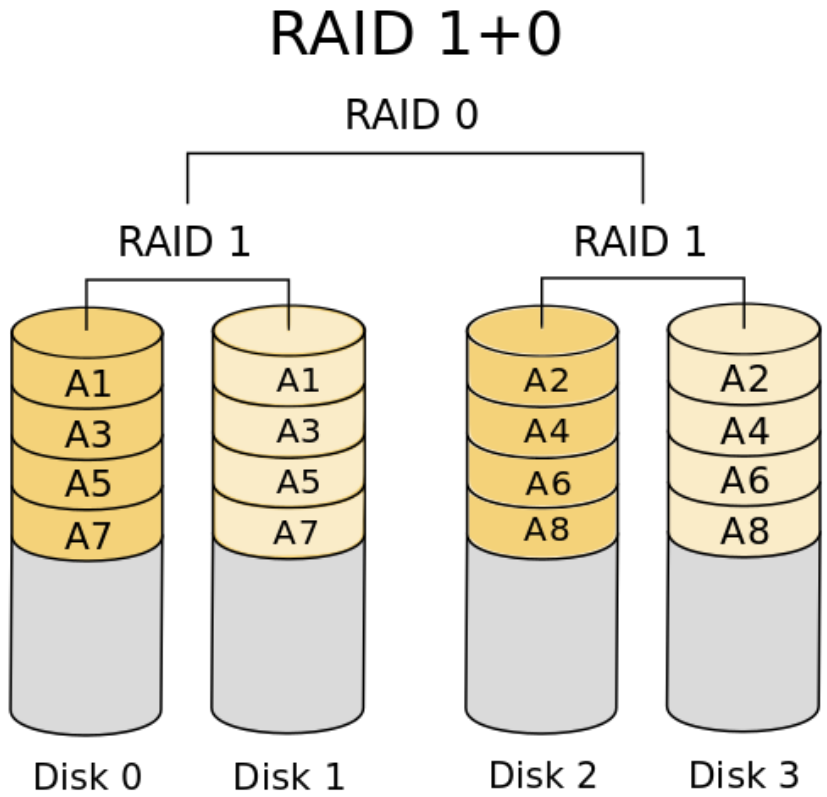
- Podaci se raspodjeljuju unutar jednog polja pa se cijelo polje kopira
- Prednosti RAID 0 na razini jednog polja
- Sigurnost RAID 0 polja



# RAID 1+0

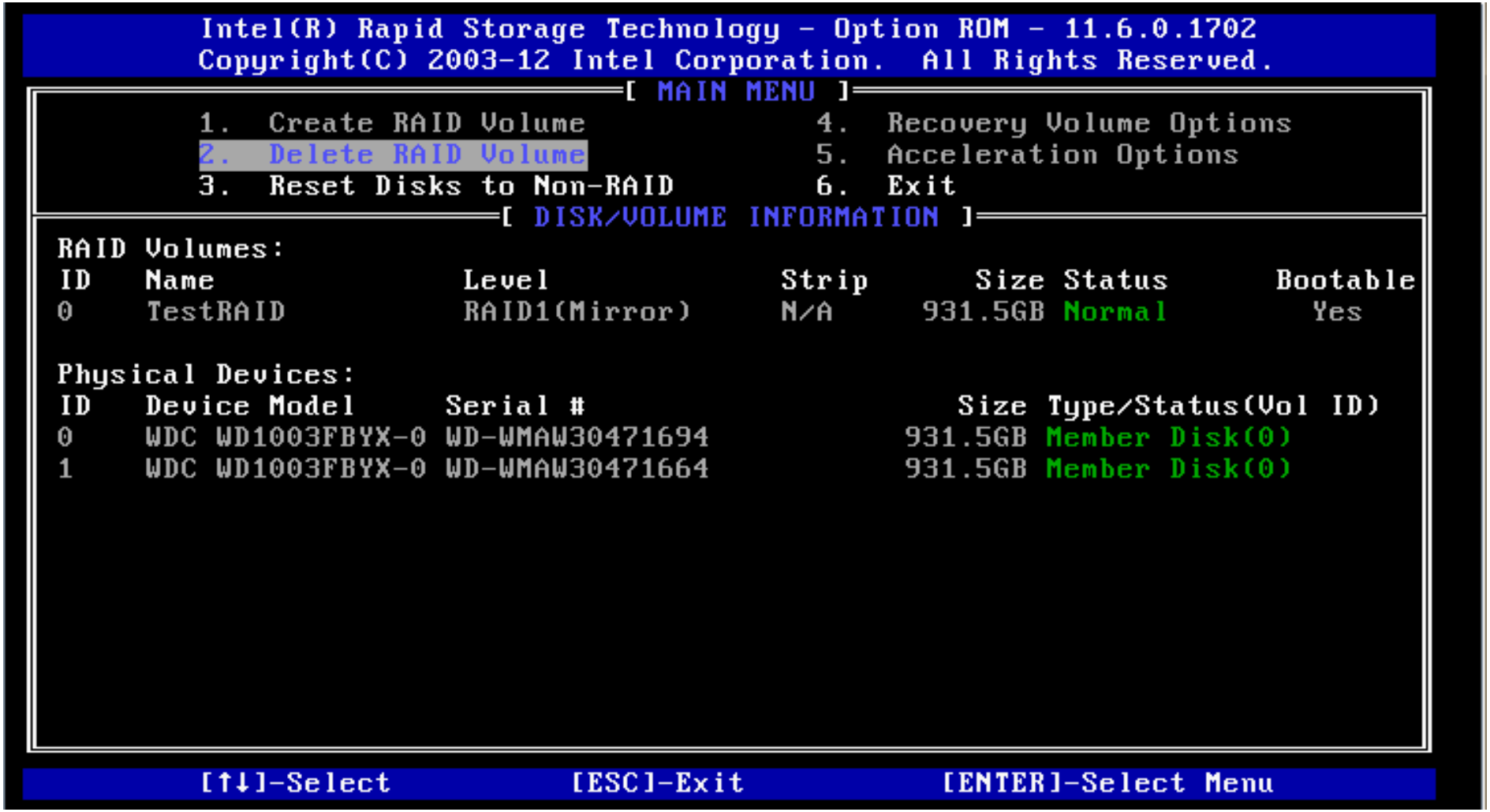
**Mirror, then stripe**

- Podaci se kopiraju unutar jednog polja pa se cijelo polje raspodjeljuje
- Sigurnost RAID 1 na razini jednog polja



# RAID kontroler

## RAID ROM



# Softverski RAID

**md** - multiple device

- Linux implementacija softverskog RAID-a
- Podržava

  Span, RAID 0, RAID 1, RAID 4, RAID 5, RAID 6, Nested

`mdadm`

`/dev/md*`

Particionirana polja

```
/dev/md/md1p1
/dev/md/md2p1
...
```

`/proc/mdstat` - popis inicijaliziranih polja

`mdadm` ne pamti polja pri ponovnom pokretanju

→ `mdadm --detail --scan >> /etc/mdadm.conf`

# RAID boot

**Hardverski RAID**

OS vidi RAID polja kao i fizičke diskove. Nema izravni pristup fizičkim diskovima.

→ Bootloader radi kao u konfiguraciji bez RAID-a.

**Softverski RAID**

OS vidi fizičke diskove i iz njih gradi polje i logičke diskove.

→ Bootloader mora imati podršku za takva polja.

**Hardware assisted / Fake RAID**

Hibridni model. Kontroler ima ograničenu RAID podršku.

→ Bootloader vidi RAID polja kako logičke diskove. Ovisno o hardveru može bootati i bez dodatnih modula.

# LVM

# LVM

**Logical Volume Manager**

- Fleksibilnije upravljanje diskovnim prostorom
- Implementacija kroz **device mapper** (dm)
- Moguće dodavanje, uklanjanje i zamjena fizičkih i logičkih diskova za vrijeme rada sustava (čak i bez unmounta)

# LVM arhitektura

**Physical Volume** (PV)

- Particije na fizičkim diskovima
- LVM ih dijeli na manje jedinice - **Physical extent** (PE)

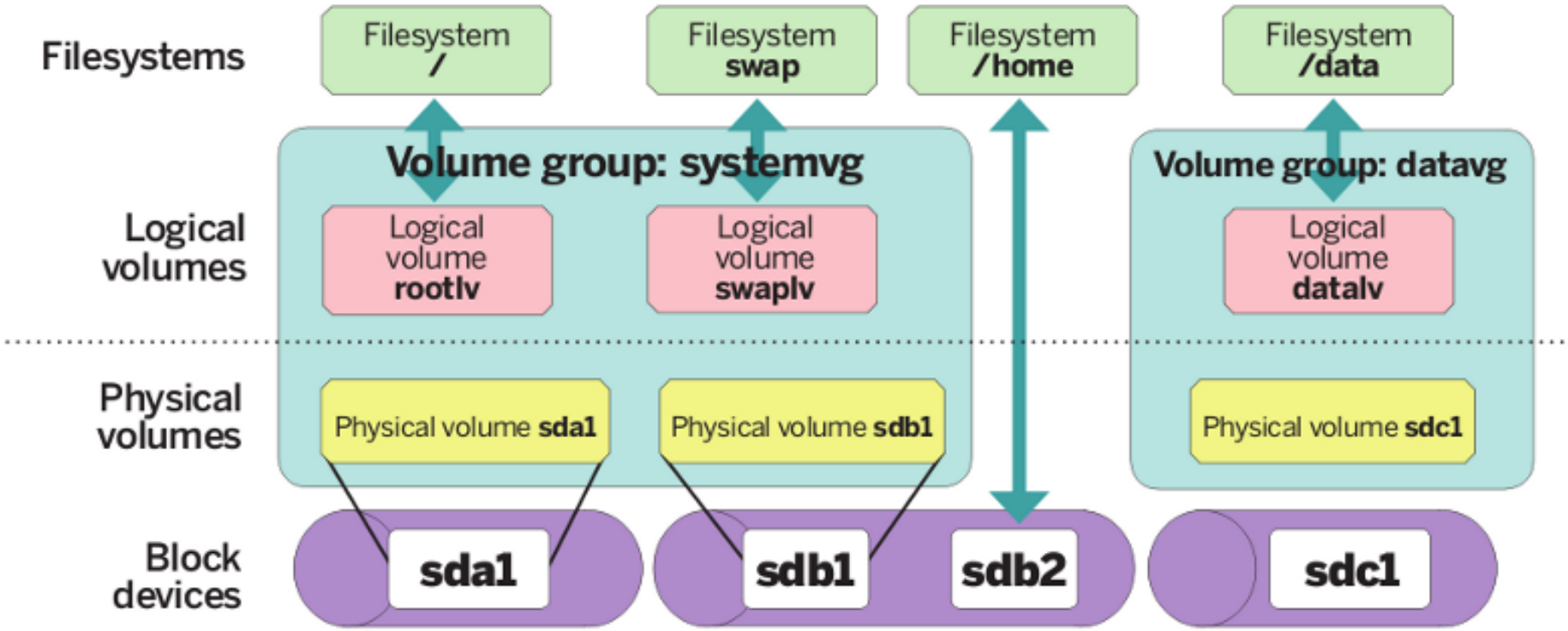
**Logical Volume** (LV)

- Logički disk (particija)
- LVM ih dijeli da manje jedinice - **Logical extent** (LE)

**Volume Group** (VG)

- Grupira više PV i LV u jednu skupinu radi mogućnosti upravljanja

# LVM arhitektura




- Fizičke particije **sda1** i **sdb1** grupirane su u **systemvg**, a u grupi su stvorene dvije logičke particije: **rootlv** i **swaplv**
- Particija **sdc1** je sama u grupi **datavg**
- Particija **sdb2** zaobilazi LVM i montirana je direktno na **/home**

# LVM

## Primjer

**Kreiranje LVM logičke particije korištenjem dviju fizičkih particija**

```
# stvaranje fizičkih particija
pvcreate /dev/sda1 /dev/sdb2

# stvaranje grupe moja_grupa i dodavanje navedenih particija
vgcreate moja_grupa /dev/sda1 /dev/sdb2

# Informacije o VG
vgscan
vgdisplay moja_grupa

lvcreate -l 100%FREE -n lvm0 moja_grupa
mkfs.ext3 /dev/lvm-disk/lvm0
```

# Zašto LVM?

- Sloj apstrakcije između fizičkih diskova i smještanja podataka u logičke cjeline
- Jednostavnije dodavanje i uklanjanje fizičkih diskova
- Jednostavnija briga o veličinama i zauzeću particija
  - npr. ako je particija premala, bez problema možemo proširiti particiju na drugi disk
- Općenito drastično jednostavnija administracija fizičkih diskova

# Kvote

# Kvote

- Ograničavaju korištenje diskovnog prostora

  usrquota Korisničke kvote

  grpquota Grupne kvote

- Obične kvote
- *Journaled* kvote
  - Vode zapise o promjenama na disku što povećava pouzdanost

```
quotacheck: Your kernel probably supports journaled quota but
you are not using it. Consider switching to journaled quota to
avoid running quotacheck after an unclean shutdown.
```

# Kvote

## Podešavanje i naredbe

Datoteka `/etc/fstab`

```
# Obicne kvote
/dev/sda2  /home  ext4  defaults,usrquota,grpquota   0  1
# Journaled kvote
/dev/sda2  /home  ext4  defaults,usrjquota=aquota.user,
                  grpjquota=aquota.group,jqfmt=vfsv0  1  1
```

U prvom direktoriju trebaju biti datoteke `aquota.user` i `aquota.group`

```
/home/aquota.user
/home/aquota.group
```

```
quotacheck -avgum
quotaon -avgu
```

# Kvote

## Podešavanje i naredbe

```
# repquota -a

*** Report for user quotas on device /dev/md0
Block grace time : 7 days ; Inode grace time : 7 days
                        Block limits                File limits
User            used    soft     hard  grace    used  soft  hard  grace
----------------------------------------------------------------------
root    --       52       0        0              10     0     0
veljko  -- 25585028  40000000 40000000            1123     0     0
cetko   --  5162460  40000000 40000000              49     0     0
marin   --  6498572  10000000 20000000             183     0     0
deni    --  5903852  10000000 20000000             528     0     0
lovro   --  3649796  10000000 20000000              19     0     0
matej   +- 11334792  10000000 20000000  2 days      646     0     0
```

# Kvote

## Podešavanje i naredbe

**Soft limit** Aktivacija *grace period-a* za vrijeme korisnik još može koristiti prostor

**Hard limit** Limit nakon kojeg korisnik nema mogućnost pisanja po disku

```
# edquota cetko

Disk quotas for user cetko (uid 1001):
 Filesystem         blocks        soft        hard inodes soft hard
 /dev/md0          5162460    40000000    40000000     49    0    0
```

# Napredne mogućnosti filesystema

# Napredne mogućnosti filesystema

## File attributes

File attributes

- Određuju poseban režim rada filesystema kod određenih datoteka / direktorija
- Vrste atributa određene su odabirom filesystema
- Za ext2 i novije ext sustave postoje naredbe za upravljanje atributima `lsattr`, `chattr`

Neki od ext2 atributa:

a Append only - dopušta samo dodavanje sadržaja fajlu
A No atime updates
c Compressed - automatska kompresija fajla
i Immutable - brani svaku promjenu fajla (**čak i od roota!**)
s Secure deletion - pri brisanju prebriše prostor nulama
u Undeletable - omogućuje vraćanje obrisanih podataka
...

# Napredne mogućnosti filesystema

**Primjer**

Kreirajte datoteku koju korisnik `root` neće moći izbrisati korištenjem naredbe

```
# rm -f file.txt
```

Rješenje je napisano bijelim slovima

# Napredne mogućnosti filesystema

## Access Control Lists (ACL)

Access Control Lists (ACL)

- Proširenje UNIX dozvola
- Dodjeljivanje različitih dozvola različitim korisnicima i grupama

`setfacl`, `getacl`

- Filesystem mora biti mountan s opcijom `acl`

# Napredne mogućnosti filesystema

## Extended attributes

Extended attributes

- Parovi `kljuc:vrijednost` koji se mogu po volji pridijeliti datotekama
- Oprez prilikom kopiranja datoteka
  - uobičajene naredbe za kopiranje ne čuvaju extended atribute
- Proučiti man stranice

Klase atributa

- security
- system
- trusted
- user

```
$ setfattr -n user.test -v "podatak" file.txt
$ getfattr -d file.txt
# file: file.txt
user.test="podatak"
```

# Extended attributes

Capabilities

- Koncept ograničavanja mogućnosti izvršnih datoteka
- Cilj je izbjeći korištenje *setuid* bita ostavljajući izvršnoj datoteci privilegirani pristup nekim dijelovima sustava

```
$ getcap /bin/ping
/bin/ping = cap_net_raw+ep
```

- Capabilities se zapisuju kao extended atributi

```
$ getfattr -d -m "^security\\." /bin/ping
# file: bin/ping
security.capability=0sAQAAAgAgAAAAAAAAAAAAAAAAAAA=
```

# Loop devices

- Interpretacija običnih datoteka kao uređaja
- Datoteci se dodjeljuje *loop* uređaj u `/dev` folderu kojem se pristupa kao običnom disku
- Datoteka može sadržavati datotečni sustav

**Primjer stvaranja loop device-a**:

```
# Prazna 100MiB datoteka
dd if=/dev/zero of=device.img bs=512 count=2048

losetup /dev/loop0 device.img
mkfs -t ext3 /dev/loop0
mount -t ext3 /dev/loop0 /mnt/image
```

# Literatura


http://www.ufsexplorer.com/und_fs.php
http://www.tldp.org/HOWTO/Filesystems-HOWTO-6.html
http://www.nongnu.org/ext2-doc/ext2.html
https://www.linux.com/news/software/applications/
8208-all-about-linux-swap-space man mdadm
http://www.ducea.com/2009/03/08/mdadm-cheat-sheet/

http://debian-handbook.info/browse/wheezy/
advanced-administration.html
https://www.howtoforge.com/linux_lvm
https://wiki.archlinux.org/index.php/Software_RAID_and_LVM
http://www.tuxradar.com/content/lvm-made-easy

https://wiki.archlinux.org/index.php/disk_quota