



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук
Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №16

Программный RAID

Студент: Эйвази Мани

Группа: НПИбд-03-24

Студенческий билет №: 1032245107

Цель работы

Целью данной лабораторной работы является освоение работы с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm в операционной системе типа Linux.

Первый шаг: изучение предварительных сведений о RAID-массивах и командах mdadm.

Второй шаг: добавление трёх виртуальных дисков по 512 MiB и создание на каждом из них раздела с помощью утилиты sfdisk. Тип раздела установлен в Linux raid autodetect (fd).

```
root@localhost:/home/manieyvazi# fdisk -l | grep /dev/sd
Disk /dev/sdd: 512.24 MiB, 537122304 bytes, 1049067 sectors
Disk /dev/sdb: 512.26 MiB, 537143296 bytes, 1049108 sectors
Disk /dev/sdc: 512.38 MiB, 537269248 bytes, 1049354 sectors
Disk /dev/sda: 40 GiB, 42949672960 bytes, 83886080 sectors
/dev/sda1      2048      4095      2048   1M BIOS boot
/dev/sda2     4096  2101247  2097152   1G Linux extended boot
/dev/sda3  2101248 83884031 81782784  39G Linux LVM
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk /dev/sdd <<EOF
> ;
> EOF
Checking that no-one is using this disk right now ... OK

Disk /dev/sdd: 512.24 MiB, 537122304 bytes, 1049067 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

>>> Created a new DOS (MBR) disklabel with disk identifier 0xecd219e4.
/dev/sdd1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511.2 MiB.
/dev/sdd2: Done.

New situation:
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xecd219e4

  Device      Boot Start    End Sectors  Size Id Type
  /dev/sdd1        2048 1049066 1047019 511.2M 83 Linux

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk /dev/sdc <<EOF
> ;
> EOF
Checking that no-one is using this disk right now ... OK
```

```

>>> Created a new DOS (MBR) disklabel with disk identifier 0xc9cf3cef.
/dev/sdc1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511.4 MiB.
/dev/sdc2: Done.

New situation:
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xc9cf3cef

Device      Boot Start    End Sectors  Size Id Type
/dev/sdc1          2048 1049353 1047306 511.4M 83 Linux

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk /dev/sdb <<EOF
> ;
> EOF
Checking that no-one is using this disk right now ... OK

Disk /dev/sdb: 512.26 MiB, 537143296 bytes, 1049108 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes

>>> Created a new DOS (MBR) disklabel with disk identifier 0xcc213558.
/dev/sdb1: Created a new partition 1 of type 'Linux' and of size 511.3 MiB.
/dev/sdb2: Done.

New situation:
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xcc213558

Device      Boot Start    End Sectors  Size Id Type
/dev/sdb1          2048 1049107 1047060 511.3M 83 Linux

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --print-id /dev/sdd 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83

```

```

root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --print-id /dev/sdd 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --print-id /dev/sdc 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --print-id /dev/sdb 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk -T | grep -i raid
fd Linux raid autodetect
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --change-id /dev/sdd 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --change-id /dev/sdc 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk --change-id /dev/sdb 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type

The partition table has been altered.
Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk -l /dev/sdd
Disk /dev/sdd: 512.24 MiB, 537122304 bytes, 1049067 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xecd219e4

Device      Boot Start    End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1          2048 1049066 1047019 511.2M fd Linux raid autodetect
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk -l /dev/sdc
Disk /dev/sdc: 512.38 MiB, 537269248 bytes, 1049354 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK

```

```
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk -l /dev/sdc
Disk /dev/sdc: 512.38 MiB, 537269248 bytes, 1049354 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xc9cf3cef

      Device    Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdc1        2048 1049353 1047306 511.4M fd Linux raid autodetect
root@localhost:/home/manieyvazi# sfdisk -l /dev/sdb
Disk /dev/sdb: 512.26 MiB, 537143296 bytes, 1049108 sectors
Disk model: VBOX HARDDISK
Units: sectors of 1 * 512 = 512 bytes
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disklabel type: dos
Disk identifier: 0xcc213558

      Device    Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdb1        2048 1049107 1047060 511.3M fd Linux raid autodetect
```

Третий шаг: создание массива RAID 1 из двух дисков (`/dev/sdd1`, `/dev/sde1`), создание файловой системы ext4, монтирование в `/data` и добавление записи в `/etc/fstab`.

```
root@localhost:/home/manieyvazi# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2
mdadm: You haven't given enough devices (real or missing) to create this array
root@localhost:/home/manieyvazi# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sdcl
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
      may not be suitable as a boot device. If you plan to
      store '/boot' on this device please ensure that
      your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
      --metadata=0.90
mdadm: size set to 522432K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
root@localhost:/home/manieyvazi# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdcl[1] sdd1[0]
      522432 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@localhost:/home/manieyvazi# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.19MiB raid1 2 devices, 0 spares. Use mdadm --detail for more detail.
root@localhost:/home/manieyvazi# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Dec 17 07:03:40 2025
      Raid Level : raid1
      Array Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Used Dev Szie : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Raid Devices : 2
      Total Devices : 2
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Wed Dec 17 07:03:46 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : localhost.localdomain:0 (local to host localhost.localdomain)
              UUID : b59edb5c:d9f51d49:c8e8d395:2e58cb44
              Events : 17
```

Четвертый шаг: имитация сбоя одного из дисков (`/dev/sde1`), его удаление из массива и добавление резервного диска (`/dev/sdf1`). Проверка состояния массива после восстановления.

```
root@localhost:/home/manieyvazi# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.47.1 (20-May-2024)
Creating filesystem with 522432 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: c8992040-cdd2-44af-a679-44642a207dc3
Superblock backups stored on blocks:
    8193, 24577, 40961, 57345, 73729, 204801, 221185, 401409

Allocating group tables: done
Writing inode tables: done
Creating journal (8192 blocks): done
Writing superblocks and filesystem accounting information: done
```

```
root@localhost:~# /dev/md0 /data1 ext4 defaults 1 2
bash: /dev/md0: Permission denied
root@localhost:~# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdc1
root@localhost:~# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sdc1
mdadm: hot removed /dev/sdc1 from /dev/md0
root@localhost:~# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdb1
mdadm: added /dev/sdb1
root@localhost:~# umount /dev/md0
root@localhost:~# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdc1
root@localhost:~# whoami
```

Пятый шаг: остановка и удаление массива, очистка метаданных на дисках.

```
root@localhost:~# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-device=2 /dev/sdd1 /dev/sdc1
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
      may not be suitable as a boot device. If you plan to
      store '/boot' on this device please ensure that
      your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
      --metadata=0.90
mdadm: size set to 522432K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
root@localhost:~# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mdadm: added /dev/sdb1
root@localhost:~# mount /dev/md0
mount: /dev/md0: can't find in /etc/fstab.
root@localhost:~# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdb1[2](S) sdc1[1] sdd1[0]
      522432 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@localhost:~# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.19MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@localhost:~# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Dec 17 07:13:34 2025
      Raid Level : raid1
      Array Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Used Dev Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Raid Devices : 2
      Total Devices : 3
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Wed Dec 17 07:14:07 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync

      Name : localhost.localdomain:0 (local to host localhost.localdomain)
```

```

root@localhost:~# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdcl
root@localhost:~# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Dec 17 07:13:34 2025
      Raid Level : raid1
      Array Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Used Dev Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Raid Devices : 2
      Total Devices : 3
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Wed Dec 17 07:16:46 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 1
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

              Name : localhost.localdomain:0 (local to host localhost.localdomain)
              UUID : adad3d5d:b67b1000:4f8ff15d:9a175a09
              Events : 37

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0    active sync   /dev/sdd1
          2      8      17        1    active sync   /dev/sdb1

          1      8      33        -    faulty    /dev/sdcl
root@localhost:~# mount /dev/md0
mount: /dev/md0: can't find in /etc/fstab.

```

Шестой шаг: создание массива RAID 1 с горячим резервом (hotspare). Добавление третьего диска в качестве резервного, проверка состояния массива до и после имитации сбоя.

```

root@localhost:~# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdcl
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
root@localhost:~# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sdcl
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
      may not be suitable as a boot device. If you plan to
      store '/boot' on this device please ensure that
      your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
      --metadata=0.90
mdadm: size set to 522432K
Continue creating array [y/N]? y

```

Седьмой шаг: преобразование массива RAID 1 в RAID 5 с изменением количества дисков с 2 до 3. Проверка состояния массива на каждом этапе.

```
root@localhost:~# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sdc1
mdadm: Note: this array has metadata at the start and
      may not be suitable as a boot device. If you plan to
      store '/boot' on this device please ensure that
      your boot-loader understands md/v1.x metadata, or use
      --metadata=0.90
mdadm: size set to 522432K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
root@localhost:~# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdb1
mdadm: added /dev/sdb1
root@localhost:~# mount /dev/md0
mount: /dev/md0: can't find in /etc/fstab.
root@localhost:~# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdb1[2](S) sdc1[1] sdd1[0]
      522432 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@localhost:~# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.19MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@localhost:~# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Dec 17 07:19:24 2025
      Raid Level : raid1
      Array Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Used Dev Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Raid Devices : 2
      Total Devices : 3
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Wed Dec 17 07:20:08 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 1

      Consistency Policy : resync
```

Восьмой шаг: остановка массива, очистка суперблоков и комментирование записи в `/etc/fstab`.

```
root@localhost:~# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Wed Dec 17 07:19:24 2025
      Raid Level : raid5
      Array Size : 1044864 (1020.38 MiB 1069.94 MB)
      Used Dev Size : 522432 (510.19 MiB 534.97 MB)
      Raid Devices : 3
      Total Devices : 3
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Wed Dec 17 07:23:41 2025
      State : clean
      Active Devices : 3
      Working Devices : 3
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Layout : left-symmetric
      Chunk Size : 64K

Consistency Policy : resync

      Name : localhost.localdomain:0  (local to host localhost.localdomain)
      UUID : 7a1b7858:c62664cb:7f8c38dc:309f0c1d
      Events : 37

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      49        0     active sync  /dev/sdd1
          1      8      33        1     active sync  /dev/sdc1
          2      8      17        2     active sync  /dev/sdb1
root@localhost:~# umount --stop /dev/md0
umount: unrecognized option '--stop'
Try 'umount --help' for more information.
root@localhost:~# umount /dev/md0
umount: /dev/md0: not mounted.
root@localhost:~# mdadm --stop /dev/md0
mdadm: stopped /dev/md0
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdc1
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
root@localhost:~# /dev/md0 /data1 ext4 defaults 1 2
bash: /dev/md0: No such file or directory
root@localhost:~#
```

заключение

В ходе лабораторной работы были получены практические навыки работы с программными RAID-массивами с использованием утилиты mdadm. Были успешно созданы, настроены и протестированы массивы RAID 1 и RAID 5, изучены процедуры добавления резервных дисков, обработки сбоев и изменения уровня RAID. Полученные знания позволяют администрировать отказоустойчивые дисковые подсистемы в Linux.

1. Приведите определение RAID.

RAID (Redundant Array of Independent Disks) — это технология виртуализации хранения данных, которая объединяет несколько физических дисков в один логический массив для повышения производительности, отказоустойчивости или их комбинации.

2. Какие типы RAID-массивов существуют на сегодняшний день?

Основные типы: RAID 0 (чередование), RAID 1 (зеркалирование), RAID 5 (чередование с распределённой чётностью), RAID 6 (чередование с двойной чётностью), RAID 10 (зеркалированные наборы с чередованием), а также комбинированные уровни, такие как RAID 50 и RAID 60.

3. Охарактеризуйте RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6, опишите алгоритм работы, назначение, приведите примеры применения.

* **RAID 0:** Чередование данных по нескольким дискам. Повышает производительность за счёт параллельной записи/чтения, но не обеспечивает отказоустойчивости. Минимальное количество дисков — 2.

* **RAID 1:** Зеркалирование. Данные полностью дублируются на всех дисках массива. Обеспечивает высокую надёжность и скорость чтения. Минимальное количество дисков — 2.

* **RAID 5:** Чередование с распределённой чётностью. Данные и контрольные суммы (чётность) циклически записываются на все диски. Обеспечивает отказоустойчивость с потерей ёмкости одного диска. Минимальное количество дисков — 3.

* **RAID 6:** Аналогичен RAID 5, но использует две независимые схемы чётности, что позволяет пережить одновременный отказ двух дисков. Минимальное количество дисков — 4.