



## 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/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:/home/manieyvazi# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdc1[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 Size : 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/sdc1
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/sdc1
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/sdc1
root@localhost:~# mdadm --zero-superblock /dev/sdb1
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

```

**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.