

Лабораторная работа №16

Программный RAID

Максат Хемраев

03 декабря 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Цель работы

Основная цель

Освоить создание и администрирование RAID-массивов в Linux с использованием утилиты **mdadm**.

Ход выполнения работы

Подготовка дисков

- Получены права суперпользователя
- Просмотрены доступные устройства `/dev/sd*`
- Созданы разделы на `/dev/sdd`, `/dev/sde`, `/dev/sdf`

```
mhemraev@mhemraev:~$ su
Password:
root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# fdisk -l | grep /dev/sd
Disk /dev/sdb: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sdb1      2048  616447  614400  300M 8e Linux LVM
/dev/sdb2      616448 1230847  614400  300M 8e Linux LVM
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
Disk /dev/sdc: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sde: 1.5 GiB, 1610612736 bytes, 3145728 sectors
/dev/sde1      2048 1230847 1228800  600M 8e Linux LVM
/dev/sde2      1230848 2152447  921600  450M 8e Linux LVM
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
Disk /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 sectors
```

Настройка разделов под RAID

- Проверен тип созданныхパーティций (типа 83)
- Найден тип для RAID – fd (Linux raid autodetect)
- Тип изменён на fd для всех трёх дисков

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk --print-id /dev/sdd 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk --print-id /dev/sdc 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk --print-id /dev/sdf 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk -T | grep -i raid
fd  Linux raid autodetect
root@mhemraev:/home/mhemraev# 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@mhemraev:/home/mhemraev# 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.
```

Проверка структуры разделов

- Каждый диск содержит один раздел с типом RAID
- Разметка отображается корректно

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk -l /dev/sdc
Disk /dev/sdc: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 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: 0x5b6a2cbe

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdc1            2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk -l /dev/sdd
Disk /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 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: 0xce009f04

Device      Boot Start     End Sectors  Size Id Type
/dev/sdd1            2048 1048575 1046528 511M fd Linux raid autodetect
root@mhemraev:/home/mhemraev# sfdisk -l /dev/sdf
Disk /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 bytes, 1048576 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
```

Создание RAID 1

Сборка RAID1

- Создан массив из /dev/sdc1 и /dev/sdd1
- Успешно инициализирован

```
root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdc1 /dev/sdd1
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 522240K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
root@mhemraev:/home/mhemraev#
root@mhemraev:/home/mhemraev# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdd1[1] sdc1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 0 spares. Use mdadm --detail for more detail.
root@mhemraev:/home/mhemraev#
```

Рис. 4: Создание RAID1

Проверка состояния RAID1

- Оба диска активны и синхронизированы
- Ошибок нет

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 08:57:40 2025
      Raid Level : raid1
      Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
      Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
      Raid Devices : 2
      Total Devices : 2
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Thu Nov 20 08:57:42 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 0
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

      Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
      UUID : 31ae95a9:b2ba1137:4aa775ba:111346a8
      Events : 17

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0      8      33        0     active sync  /dev/sdc1
```

Создание файловой системы и монтирование

- Создана файловая система ext4
- RAID смонтирован в /mnt/raid
- Добавлена запись в /etc/fstab

```
GNU nano 8.1                               /etc/fstab

#
# /etc/fstab
# Created by anaconda on Fri Sep  5 07:15:23 2025
#
# Accessible filesystems, by reference, are maintained under '/dev/disk/'.
# See man pages fstab(5), findfs(8), mount(8) and/or blkid(8) for more info.
#
# After editing this file, run 'systemctl daemon-reload' to update systemd
# units generated from this file.
#
UUID=5c2cee75-5d14-455d-9dc2-feb5d53299f7 /          xfs    defaults      0  0
UUID=c19e54a2-6056-4482-b4e9-2ac17afbde28 /boot        xfs    defaults      0  0
UUID=556af06-5735-4db2-9038-a9f82ed3a8f7 none        swap    defaults      0  0
/dev/vgdata/lvdata           /mnt/data        ext4   defaults      1  2
/dev/vggroup/lvgroup         /mnt/groups      xfs    defaults      1  2
/dev/md0                     /mnt/raid        ext4   defaults      1  2
#
#UUID=b4dca600-1e99-4e4f-977f-848ffbab7101 /mnt/data xfs defaults 1 2
#UUID=09b45499-77ef-457c-a9b6-a785b4c0aa81 /mnt/data-ext   ext4 defaults 1 2
#UUID=0878cfdb-e250-4a80-8392-9633e970d3e1 none swap defaults 0 0
```

Рис. 6: fstab запись

Замена диска в RAID1

Симуляция сбоя

- Сбой инициирован на `/dev/sdc1`
- Диск удалён из массива

Добавление нового диска

- В массив добавлен /dev/sdf1
- Массив восстановлен и синхронизирован

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdc1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sdc1
mdadm: hot removed /dev/sdc1 from /dev/md0
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
          Version : 1.2
          Creation Time : Thu Nov 20 08:57:40 2025
          Raid Level : raid1
          Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
          Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
          Raid Devices : 2
          Total Devices : 2
          Persistence : Superblock is persistent

          Update Time : Thu Nov 20 09:02:31 2025
                      State : clean
          Active Devices : 2
          Working Devices : 2
          Failed Devices : 0
          Spare Devices : 0

          Consistency Policy : resync

Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
UUID : 31ae95a9:b2ba1137:4aa775ba:111346a8
```

Очистка суперблоков

- RAID остановлен
- Метаданные удалены с дисков

```
root@mhemraev:/home/mhemraev#  
root@mhemraev:/home/mhemraev# umount /dev/md0  
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --stop /dev/md0  
mdadm: stopped /dev/md0  
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --zero-superblock /dev/sdc1  
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --zero-superblock /dev/sdd1  
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1  
root@mhemraev:/home/mhemraev# █
```

Рис. 8: Очистка суперблоков

RAID1 с горячим резервом

Создание RAID1 и добавление hot spare

- Массив создан на двух дисках
- Третий диск /dev/sdf1 добавлен как резервный

```
root@mhemraev:~# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdc1 /dev/sdd1
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 522240K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
root@mhemraev:~# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@mhemraev:~# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@mhemraev:~# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sdd1[1] sdcl[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@mhemraev:~# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@mhemraev:~#
```

Рис. 9: Hot spare

Проверка работы hot spare

- При сбое одного диска

Массив автоматически использует резервный

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sdc1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Thu Nov 20 09:06:10 2025
      Raid Level : raid1
      Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
      Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
      Raid Devices : 2
      Total Devices : 3
      Persistence : Superblock is persistent

      Update Time : Thu Nov 20 09:07:43 2025
      State : clean
      Active Devices : 2
      Working Devices : 2
      Failed Devices : 1
      Spare Devices : 0

      Consistency Policy : resync

      Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
      UUID : 2401ade2:46e1e638:925e61bc:29748b30
      Events : 37
```

Преобразование RAID1 → RAID5

Подготовка массива

- RAID1 создан снова
- Добавлен третий диск (spare)

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdcl /dev/sdd1
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 522240K
Continue creating array [y/N]? y
mdadm: Defaulting to version 1.2 metadata
mdadm: array /dev/md0 started.
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
root@mhemraev:/home/mhemraev# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
root@mhemraev:/home/mhemraev# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sdd1[1] sdcl[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
root@mhemraev:/home/mhemraev#
```

Рис. 11: Перед конверсией

Изменение уровня RAID

- Массив преобразован в RAID5 (--level=5)
- Начался процесс reshaping

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
          Version : 1.2
          Creation Time : Thu Nov 20 09:11:21 2025
          Raid Level : raid5
          Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
          Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
          Raid Devices : 2
          Total Devices : 3
          Persistence : Superblock is persistent

          Update Time : Thu Nov 20 09:13:22 2025
          State : clean
          Active Devices : 2
          Working Devices : 3
          Failed Devices : 0
          Spare Devices : 1

          Layout : left-symmetric
          Chunk Size : 64K

          Consistency Policy : resync

          Name : mhemraev.localdomain:0 (local to host mhemraev.localdomain)
          UUID : 9430e8dd:27e0799e:76944f76:9cce6450
          Events : 19
```

Увеличение количества дисков

- RAID расширен до трёх устройств
- Пересборка выполняется корректно

```
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices=3
root@mhemraev:/home/mhemraev# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
            Version : 1.2
            Creation Time : Thu Nov 20 09:11:21 2025
            Raid Level : raid5
            Array Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
            Used Dev Size : 522240 (510.00 MiB 534.77 MB)
            Raid Devices : 3
            Total Devices : 3
            Persistence : Superblock is persistent

            Update Time : Thu Nov 20 09:14:00 2025
            State : clean, reshaping
            Active Devices : 3
            Working Devices : 3
            Failed Devices : 0
            Spare Devices : 0

            Layout : left-symmetric
            Chunk Size : 64K

            Consistency Policy : resync

Reshape Status : 74% complete
Delta Devices : 1, (2->3)

Name : mhemraev.localdomain:0  (local to host mhemraev.localdomain)
UUID : 9430e8dd:27e0799e:76944f76:9cce6450
```

Итоги работы

В ходе работы освоены:

- создание RAID 1
- использование горячего резерва
- преобразование массива RAID 1 в RAID 5
- работа с утилитой **mdadm**, анализ состояния и восстановление массива

Получены практические навыки администрирования систем хранения данных и обеспечения отказоустойчивости.