

Программный RAID

Лабораторная работа №16

Казначеев С.И.

29 ноября 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

::::::::::: {.columns align=center} :: {.column width="70%"}
:::

- Казначеев Сергей Ильич
- Студент
- Российский университет дружбы народов
- [1132240693@pfur.ru] :: {.column width="30%"}
::

Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

Задание

1. Прочтайте руководство по работе с утилитами `fdisk`, `sfdisk` и `mdadm`.
2. Добавить три диска на виртуальную машину (объёмом от 512 MiB каждый). При помощи `sfdisk` создать на каждом из дисков по одной партиции, задав тип раздела для RAID (см. разделы 16.4.1, 16.4.2).
3. Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Эмулировать сбой одного из дисков массива, удалить искусственно выведенный из строя диск, добавить в массив работающий диск (см. раздел 16.4.2).
4. Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Добавить к массиву третий диск. Эмулировать сбой одного из дисков массива. Проанализировать состояние массива, указать различия по сравнению с предыдущим случаем (см. раздел 16.4.3).
5. Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Добавить к массиву третий диск. Изменить тип массива с RAID1 на RAID5, изменить число дисков в массиве с 2 на 3.

Выполнение лабораторной работы

Для начала мы перейдем в суперпользователя и проверим наличие созданных дисков

```
[sikaznacheev@localhost ~]$ su -
Пароль:
[root@localhost ~]# fdisk -l | grep /dev/sd
Диск /dev/sda: 40 GiB, 42949672960 байт, 83886080 секторов
/dev/sda1      2048 2099199 2097152    16      83 Linux
/dev/sda2        2099200 83886079 81786880   396     8e Linux LVM
Диск /dev/sdb: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
/dev/sdb1      2048 206847 204800 100M      0 Пустой
/dev/sdb2        206848 411647 204800 100M     8e Linux LVM
Диск /dev/sdc: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
/dev/sdc1      2048 206847 204800 100M файловая система Linux
/dev/sdc2      206848 411647 204800 100M файловая система Linux
/dev/sdc3      411648 616447 204800 100M Linux swap
Диск /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
/dev/sdd1      2048 1048575 1046528 511M      83 Linux
Диск /dev/sde: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
Диск /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
```

Рис. 1: 1

Создание RAID-диска

После чего создадим на каждом из дисков раздел EOF

```
[root@localhost ~]# sfdisk /dev/sde <<EOF
;
EOF
Проверяется, чтобы сейчас никто не использовал этот диск... ОК
Диск /dev/sde: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
Disk model: VBOX HARDDISK
Единицы: секторов по 1 * 512 = 512 байт
Размер сектора (логический/физический): 512 байт / 512 байт
Размер I/O (минимальный/оптимальный): 512 байт / 512 байт

>>> Создана новая метка DOS с идентификатором 0x9f969343.
/dev/sde1: Создан новый раздел 1 с типом 'Linux' и размером 511 MiB.
/dev/sde2: Done.

Новая ситуация:
Тип метки диска: dos
Идентификатор диска: 0x9f969343

Устр-во   Загрузочный начало   Конец Секторы Размер Идентификатор Тип
/dev/sde1          2048 1048575 511M      81 Linux

Таблица разделов была изменена
Вызывается ioctl() для перечитывания таблицы разделов.
Синхронизируется диски.
[root@localhost ~]# sfdisk /dev/sdf <<EOF
;
EOF
Проверяется, чтобы сейчас никто не использовал этот диск... ОК
Диск /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
Disk model: VBOX HARDDISK
Единицы: секторов по 1 * 512 = 512 байт
Размер сектора (логический/физический): 512 байт / 512 байт
Размер I/O (минимальный/оптимальный): 512 байт / 512 байт

>>> Создана новая метка DOS с идентификатором 0x48faa144.
/dev/sdf1: Создан новый раздел 1 с типом 'Linux' и размером 511 MiB.
/dev/sdf2: Done.

Новая ситуация:
Тип метки диска: dos
Идентификатор диска: 0x48faa144
```

Создание RAID-диска

После чего проверим текущий тип созданных разделов

```
[root@localhost ~]# sfdisk --print-id /dev/sdd 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
[root@localhost ~]# sfdisk --print-id /dev/sde 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
[root@localhost ~]# sfdisk --print-id /dev/sdf 1
sfdisk: print-id is deprecated in favour of --part-type
83
```

Рис. 3: 3

Создание RAID-диска

Далее просмотрим какие типыパーティций относящиеся к RAID можно задать и затем установим тип разделов в Linux raid autodetect

```
[root@localhost ~]# sfdisk -T | grep -i raid
fd Linux raid autodetect
[root@localhost ~]# sfdisk --change-id /dev/sdd 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type
```

Таблица разделов была изменена
Вызывается ioctl() для перечитывания таблицы разделов.
Синхронизируются диски.

```
[root@localhost ~]# sfdisk --change-id /dev/sde 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type
```

Таблица разделов была изменена
Вызывается ioctl() для перечитывания таблицы разделов.
Синхронизируются диски.

```
[root@localhost ~]# sfdisk --change-id /dev/sdf 1 fd
sfdisk: change-id is deprecated in favour of --part-type
```

Таблица разделов была изменена

Просмотр состояния дисков

Затем просмотрим состояние дисков

```
[root@localhost ~]# sfdisk -l /dev/sdd
Диск /dev/sdd: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
Disk model: VBOX HARDDISK
Единицы: секторов по 1 * 512 = 512 байт
Размер сектора (логический/физический): 512 байт / 512 байт
Размер I/O (минимальный/оптимальный): 512 байт / 512 байт
Тип метки диска: dos
Идентификатор диска: 0x53ac6e2e

Устр-во   Загрузочный начало   Конец Секторы Размер Идентификатор Тип
/dev/sdd1          2048 1048575 1046528 511M           fd Автоопределение Linux raid
[root@localhost ~]# sfdisk -l /dev/sde
Диск /dev/sde: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
Disk model: VBOX HARDDISK
Единицы: секторов по 1 * 512 = 512 байт
Размер сектора (логический/физический): 512 байт / 512 байт
Размер I/O (минимальный/оптимальный): 512 байт / 512 байт
Тип метки диска: dos
Идентификатор диска: 0x9f969343

Устр-во   Загрузочный начало   Конец Секторы Размер Идентификатор Тип
/dev/sde1          2048 1048575 1046528 511M           fd Автоопределение Linux raid
[root@localhost ~]# sfdisk -l /dev/sdf
Диск /dev/sdf: 512 MiB, 536870912 байт, 1048576 секторов
Disk model: VBOX HARDDISK
Единицы: секторов по 1 * 512 = 512 байт
Размер сектора (логический/физический): 512 байт / 512 байт
Размер I/O (минимальный/оптимальный): 512 байт / 512 байт
Тип метки диска: dos
Идентификатор диска: 0x48faa144

Устр-во   Загрузочный начало   Конец Секторы Размер Идентификатор Тип
/dev/sdf1          2048 1048575 1046528 511M           fd Автоопределение Linux raid
```

Работа с утилитой mdadm

После чего устанавливаем утилиту mdadm и создаем массив RAID 1 из двух дисков

```
[root@localhost ~]# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
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 532240K
```

Рис. 6: 6

Проверяем состояние массива RAID

Далее проверим состояние массива RAID

```
[root@localhost ~]# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 0 spares. Use mdadm --detail for more detail.
[root@localhost ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
          Version : 1.2
        Creation Time : Sat Nov 29 18:19:07 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 : Sat Nov 29 18:19:11 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 : ab771ae0:da2b476e:e8c225ed:c4clecc1
            Events : 17

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0       8      49        0     active sync   /dev/sdd1
          1       8      65        1     active sync   /dev/sde1
```

Создание RAID-диска

Затем создаем файловую систему на RAID и подмонтируем RAID

```
[root@localhost ~]# mkfs.ext4 /dev/md0
mke2fs 1.46.5 (30-Dec-2021)
Creating filesystem with 522240 1k blocks and 130560 inodes
Filesystem UUID: cbfc6ed1-4eb7-45bc-af8c-ac24fae60bc7
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 ~]# mkdir /data
mkdir: невозможно создать каталог «/data»: Файл существует
[root@localhost ~]# mount /dev/md0 /data
```

Рис. 8: 8

Автомонтирование

Для автомонтирования добавляем запись в /etc/fstab

```
/dev/mapper/rl-root    /          xfs    defaults    0 0
/dev/md0  /data ext4 defaults 1 2
/dev/mapper/rl-swap    none       swap   defaults    0 0
#/dev/vgdata/lvgroup /mnt/groups xfs defaults 1 2
```

Рис. 9: 9

Сымитируем сбой диска

После сымитируем сбой одного из дисков, удалим сбойный диск и заменим диск в массиве

```
[root@localhost ~]# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
mdadm: set /dev/sde1 faulty in /dev/md0
[root@localhost ~]# mdadm /dev/md0 --remove /dev/sde1
mdadm: hot removed /dev/sde1 from /dev/md0
[root@localhost ~]# mdadm /dev/md0 --add /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
```

Рис. 10: 10

Просмотр изменений

Затем просмотрим изменения

```
[root@localhost ~]# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]      I
```

Рис. 11: 11

Удаление массивов и очистка метаданных

После чего удалим массив и очистим метаданные

```
[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/sde1
[root@localhost ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
[root@localhost ~]#
```

Рис. 12: 12

RAID-массив с горячим резервом (hotspare)

Далее откроем второй терминал и перейдем в суперпользователя, создадим массив RAID 1, добавив третий диск и подмонтируем его

```
[sikaznacheev@localhost ~]$ su -  
Пароль:  
[root@localhost ~]# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1  
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@localhost ~]# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1  
mdadm: added /dev/sdf1  
[root@localhost ~]# mount /dev/md0  
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses  
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
```

Рис. 13: 13

Проверка

И проверим это

```
[root@localhost ~]# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
[root@localhost ~]# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
[root@localhost ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sat Nov 29 18:22:46 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 : Sat Nov 29 18:22:59 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)
      UUID : dfda736a:0eaa893d:bb237af6:e5ee67bc
      Events : 18
```

RAID-массив с горячим резервом (hotspare)

После чего сымитируем сбой одного диска, проверим состояние массива и убедимся что массив автоматически пересобирается

```
[root@localhost ~]# mdadm /dev/md0 --fail /dev/sde1
mdadm: set /dev/sde1 faulty in /dev/md0
[root@localhost ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sat Nov 29 18:22:46 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 : Sat Nov 29 18:23:36 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 : dfda736a:0eaa893d:bb237af6:e5ee67bc
              Events : 37

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0       8       49        0     active sync   /dev/sdd1
```

Удаление массивов и очистка метаданных

Затем удалим массив и очистим метаданные

```
[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/sde1
[root@localhost ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
[root@localhost ~]#
```

Рис. 16: 16

Преобразование массива RAID 1 в RAID 5

После все проделанных действий откроем новый терминал перейдем в суперпользователя и создадим массив RAID 1 из 2 дисков

```
[s1kaznacheev@localhost ~]$ su -
Пароль:
[root@localhost ~]# mdadm --create --verbose /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sdd1 /dev/sde1
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.
```

Рис. 17: 17

Преобразование массива RAID 1 в RAID 5

После чего добавим третий диск и подмонтируем его

```
[root@localhost ~]# mdadm --add /dev/md0 /dev/sdf1
mdadm: added /dev/sdf1
[root@localhost ~]# mount /dev/md0
mount: (hint) your fstab has been modified, but systemd still uses
      the old version; use 'systemctl daemon-reload' to reload.
```

Рис. 18: 18

Проверка состояния массива

Затем проверим состояние массива

```
[root@localhost ~]# cat /proc/mdstat
Personalities : [raid1]
md0 : active raid1 sdf1[2](S) sde1[1] sdd1[0]
      522240 blocks super 1.2 [2/2] [UU]

unused devices: <none>
[root@localhost ~]# mdadm --query /dev/md0
/dev/md0: 510.00MiB raid1 2 devices, 1 spare. Use mdadm --detail for more detail.
[root@localhost ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
            Version : 1.2
            Creation Time : Sat Nov 29 18:25:07 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 : Sat Nov 29 18:25:18 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)
            UUID : 5116dc32:70a2f514:bb5f2fe4:9a6f81b5
            Events : 18

Number  Major  Minor  RaidDevice State
     0      8       49        0      active sync   /dev/sdd1
```

Изменяем тип массива

Далее изменим тип массива RAID, проверим состояние его

```
[root@localhost ~]# mdadm --grow /dev/md0 --level=5
mdadm: level of /dev/md0 changed to raid5
[root@localhost ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sat Nov 29 18:25:07 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 : Sat Nov 29 18:25:51 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 : localhost.localdomain:0 (local to host localhost.localdomain)
      UUID : 5116dc32:70a2f514:bb5f2fe4:9a6f81b5
      Events : 19

      Number  Major  Minor  RaidDevice State
          0       8      0        0     active sync
          1       8      1        1     active sync
```

Преобразование массива RAID 1 в RAID 5

Теперь изменим количество дисков в массиве RAID 5 и проверим состояние

```
[root@localhost ~]# mdadm --grow /dev/md0 --raid-devices 3
[root@localhost ~]# mdadm --detail /dev/md0
/dev/md0:
      Version : 1.2
      Creation Time : Sat Nov 29 18:25:07 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 : Sat Nov 29 18:26:15 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 : 53% complete
      Delta Devices : 1, (2->3)

      Name : localhost.localdomain:0 (local to host localhost.localdomain)
      UUID : 5116dc32:70a2f514:bb5f2fe4:9a6f81b5
      Events : 34
```

Удаление массивов и очистка метаданных

Затем удалим массив, очистим метаданные и закоментируем запись в /etc/fstab

```
[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/sd1
[root@localhost ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
[root@localhost ~]#
```

Рис. 22: 22

```
/dev/mapper/r1-root    /          xfs      defaults      0 0
#/dev/md0 /data ext4 defaults 1 2
/dev/mapper/r1-swap    none       swap      defaults      0 0
```

Рис. 23: 23

Контрольные вопросы 1

1. Приведите определение RAID.

Ответ - это технология объединения нескольких физических дисков в единый логический массив для повышения производительности, надежности или объема хранения данных

Контрольные вопросы 2

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

Ответ - основные типы RAID 0, RAID 1, RAID 2, RAID 5, RAID 6

Комбинированные RAID 10 (1+0), RAID 50, RAID 60

Контрольные вопросы 3

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

1 - RAID 0 (страйпинг)

Алгоритм: Данные разбиваются на блоки и записываются на несколько дисков параллельно.

Назначение: Максимальное увеличение производительности и объёма.

Недостаток: Отсутствие избыточности; выход одного диска разрушает массив.

Пример: Обработка видео, кэширование, игровые системы.

Контрольные вопросы 3

2 - RAID 1 (зеркалирование)

Алгоритм: Полное дублирование данных на двух или более дисках.

Назначение: Обеспечение отказоустойчивости и увеличение скорости чтения.

Недостаток: Высокие затраты на хранение (50% полезной ёмкости).

Пример: Серверы ОС, критичные базы данных.

Контрольные вопросы 3

3 - RAID 5

Алгоритм: Данные и чётность (контрольная сумма) распределяются по всем дискам массива. Для восстановления при отказе одного диска используется информация о чётности.

Назначение: Баланс производительности, надёжности и эффективности использования ёмкости.

Недостаток: Снижение производительности при записи; риск при выходе второго диска во время восстановления.

Пример: Файловые серверы, веб-серверы.

Контрольные вопросы 3

4 - RAID 6

Алгоритм: Используется две независимые схемы чётности, распределяемые по всем дискам (например, коды Рида-Соломона).

Назначение: Высокая отказоустойчивость — сохранение работоспособности при отказе двух дисков одновременно.

Недостаток: Ещё большие потери производительности на записи, чем в RAID 5.

Пример: Системы хранения критичных данных, архивы, медиа-хранилища.

Выводы

После выполнения лабораторной работы я получил навыки работы с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.