

Лабораторная работа №16

Программный RAID

Казначеев Сергей Ильич

Содержание

1	Цель работы	5
2	Задание	6
3	Выполнение лабораторной работы	7
4	Контрольные вопросы	17
5	Выводы	19

Список иллюстраций

3.1	1	7
3.2	2	8
3.3	3	8
3.4	4	9
3.5	5	9
3.6	6	10
3.7	7	10
3.8	8	10
3.9	9	11
3.10	10	11
3.11	11	11
3.12	12	11
3.13	13	12
3.14	14	12
3.15	15	13
3.16	16	13
3.17	17	13
3.18	18	14
3.19	19	14
3.20	20	15
3.21	21	15
3.22	22	16
3.23	23	16

Список таблиц

1 Цель работы

Освоить работу с RAID-массивами при помощи утилиты mdadm.

2 Задание

1. Прочитайте 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 партии, задав тип раздела для RAID (см. разделы 16.4.1, 16.4.2).
3. Создать массив RAID 1 из двух дисков, смонтировать его. Эмитировать 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. Эмитировать 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. Проанализировать состояние массива, указать различия по сравнению с предыдущим случаем (см. раздел 16.4.4).

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    1G          83 Linux
/dev/sda2           2099200 83886079 81786880   39G          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. 3.1: 1

После чего создадим на каждом из дисков раздел EOF

```
[root@localhost ~]# sfdisk /dev/sde <<EOF
;
EOF
Проверяется, чтобы сейчас никто не использовал этот диск... OK
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 1046528 511M 81 Linux

Таблица разделов была изменена
Вызывается ioctl() для перечитывания таблицы разделов.
Синхронизируются диски.
[root@localhost ~]# sfdisk /dev/sdf <<EOF
;
EOF
Проверяется, чтобы сейчас никто не использовал этот диск... OK
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

Устр-во   Загрузочный начало   Конец Секторы Размер Идентификатор Тип
/dev/sdf1 2048 1048575 1046528 511M 83 Linux

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

Рис. 3.2: 2

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: 3

Далее посмотрим какие типы 파티ций 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
Вызывается ioctl() для перечитывания таблицы разделов.
Синхронизируются диски.
```

Рис. 3.4: 4

Затем посмотрим 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 1048528 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 1048528 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 1048528 511M      fd Автоопределение Linux raid
```

Рис. 3.5: 5

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 522240
```

Рис. 3.6: 6

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
```

Рис. 3.7: 7

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. 3.8: 8

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. 3.9: 9

После симулируем 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. 3.10: 10

Затем посмотрим изменения

```

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

```

Рис. 3.11: 11

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

```

Рис. 3.12: 12

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. 3.13: 13

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

   Number   Major   Minor   RaidDevice State
     0         8       49         0   active sync   /dev/sdd1
     1         8       65         1   active sync   /dev/sde1
     2         8       81         -   spare        /dev/sdf1
```

Рис. 3.14: 14

После чего симитируем сбой одного диска, проверим состояние массива и уюедемся 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
     2       8      81        1 active sync  /dev/sdf1
     1       8      65        - faulty   /dev/sde1
[root@localhost ~]#
```

Рис. 3.15: 15

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. 3.16: 16

После все сделанных действий откроем новый терминал перейдем в супер-пользователя и создадим массив RAID 1 из 2 дисков

```
[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.
```

Рис. 3.17: 17

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. 3.18: 18

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
     1         8       65         1   active sync   /dev/sde1
     2         8       81         -   spare        /dev/sdf1
[root@localhost ~]#
```

Рис. 3.19: 19

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      49        0  active sync  /dev/sdd1
    1       8      65        1  active sync  /dev/sde1
    2       8      81        -   spare   /dev/sdf1

[root@localhost ~]#
```

Рис. 3.20: 20

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

  Number Major Minor RaidDevice State
    0       8      49        0  active sync  /dev/sdd1
    1       8      65        1  active sync  /dev/sde1
    2       8      81        2  active sync  /dev/sdf1
```

Рис. 3.21: 21

Затем удалим массив, очистим метаданные и закомментируем 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/sde1
[root@localhost ~]# mdadm --zero-superblock /dev/sdf1
```

Рис. 3.22: 22

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

Рис. 3.23: 23

4 Контрольные вопросы

1. Приведите определение RAID.

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

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

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 объема.

Недостаток: Отсутствие избыточности; выход одного диска разрушает массив.

Пример: Обработка видео, кэширование, игровые системы.

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.

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.

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.

5 Выводы

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