

Лабораторная работа №10

Основы работы с модулями ядра операционной системы

Ришард Когенгар

21 января 2026

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Цель работы

Основная цель

Получить навыки работы с утилитами управления модулями ядра операционной системы Linux.

Ход выполнения работы

Определение устройств и связанных модулей (`lspci -k`)

- Получение списка PCI-устройств и драйверов
- Анализ строк:
 - Kernel driver in use
 - Kernel modules
- Примеры обнаруженных связок:
 - сеть: `e1000`
 - видео: `vmwgfx`
 - SATA: `ahci`
 - гостевые модули VirtualBox: `vboxguest`

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# lspci -k
00:00.0 Host bridge: Intel Corporation 440FX - 82441FX PMC [Natoma] (rev 02)
00:01.0 ISA bridge: Intel Corporation 82371SB PIIX3 ISA [Natoma/Triton II]
00:01.1 IDE interface: Intel Corporation 82371AB/EB/MB PIIX4 IDE (rev 01)
    Kernel driver in use: ata_piix
    Kernel modules: ata_piix, ata_generic
00:02.0 VGA compatible controller: VMware SVGA II Adapter
    Subsystem: VMware SVGA II Adapter
    Kernel driver in use: vmwgfx
    Kernel modules: vmwgfx
00:03.0 Ethernet controller: Intel Corporation 82540EM Gigabit Ethernet Controller (rev 02)
    Subsystem: Intel Corporation PRO/1000 MT Desktop Adapter
    Kernel driver in use: e1000
    Kernel modules: e1000
```

Просмотр загруженных модулей (lsmod)

- Вывод списка загруженных модулей ядра: `lsmod | sort`
- Поля вывода:
 - имя модуля
 - размер
 - **Used by** (зависимости/использование)
- Наличие аппаратных и системных модулей подтверждает корректную загрузку подсистем

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# lsmod | sort
ac97_bus           12288  1 snd_ac97_codec
ahci                57344  3
ata_generic        12288  0
ata_piix           45056  1
be2iscsi          204800  0
bnx2i              94208  0
cdrom              90112  2 isofs,sr_mod
cnic                90112  1 bnx2i
crc32c_intel       12288  0
crc32_pclmul       12288  0
crct10dif_pclmul   12288  1
cxgb4              684032  1 cxgb4i
cxgb4i             69632  0
dm_log              24576  2 dm_region_hash,dm_mirror
dm_mirror           28672  0
dm_mod              245760  9 dm_multipath,dm_log,dm_mirror
```

Загрузка ext4 и проверка зависимостей

- Загрузка модуля: `modprobe ext4`
- Повторная проверка: `lsmod | grep ext4`
- Обнаружены зависимости:
 - `jbd2` (журналирование)
 - `mbcache` (кэширование метаданных)

```
root@rishardkogengar:/home/rishard#
root@rishardkogengar:/home/rishard# lsmod | grep ext4
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe ext4
root@rishardkogengar:/home/rishard# lsmod | grep ext4
ext4                  1187840  0
mbcache                  16384  1 ext4
jbd2                   217088  1 ext4
root@rishardkogengar:/home/rishard# modinfo ext4
filename:      /lib/modules/6.12.0-124.27.1.el10_1.x86_64/kernel/fs/ext4/ext4.ko.xz
softdep:       pre: crc32c
license:        GPL
description:   Fourth Extended Filesystem
author:        Remy Card, Stephen Tweedie, Andrew Morton, Andreas Dilger, Theodore Ts'o and others
alias:         fs-ext4
alias:         ext3
alias:         fs-ext3
alias:         ext2
alias:         fs-ext2
rhelversion:   10.1
srcversion:    0726095E822F641E8E82E9B
```

Выгрузка ext4 и попытка выгрузки xfs

- Выгрузка ext4: `modprobe -r ext4`
- Результат: модуль удалён при отсутствии активного использования
- Попытка выгрузки xfs: `modprobe -r xfs`
- Результат: ошибка, так как модуль используется

```
root@rishardkogengar:/home/rishard#
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe -r ext4
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe -r ext4
root@rishardkogengar:/home/rishard# lsmod | grep ext4
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe -r xfs
modprobe: FATAL: Module xfs is in use.
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe -r xfs
modprobe: FATAL: Module xfs is in use.
root@rishardkogengar:/home/rishard# █
```

Рис. 4: Выгрузка ext4 и ошибка при выгрузке xfs

Проверка и загрузка bluetooth

- Проверка наличия: `lsmod | grep bluetooth`
- Загрузка: `modprobe bluetooth`
- Повторная проверка показала:
 - `bluetooth`
 - `rfkill` (зависимость подсистемы)

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# 
root@rishardkogengar:/home/rishard# lsmod | grep bluetooth
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe bluetooth
root@rishardkogengar:/home/rishard# lsmod | grep bluetooth
bluetooth           1118208  0
rfkill                  40960  4 bluetooth
root@rishardkogengar:/home/rishard# modinfo bluetooth
filename:      /lib/modules/6.12.0-124.27.1.el10_1.x86_64/kernel/net/bluetooth/bluetooth.ko.xz
alias:        net-pf-31
license:       GPL
version:      2.22
description:  Bluetooth Core ver 2.22
author:       Marcel Holtmann <marcel@holtmann.org>
rhelversion:   10.1
srcversion:    A561ADF438212A49F631F83
depends:      rfkill
intree:       Y
name:        bluetooth
retpoline:    Y
```

Параметры bluetooth и выгрузка

- Просмотр сведений: `modinfo bluetooth`
- Параметры модуля (`parm`):
 - `disable_esco` (bool)
 - `disable_ertm` (bool)
 - `enable_ecred` (bool)
- Выгрузка модуля: `modprobe -r bluetooth`

```
37:65:2F:BF:6B:72:DD:25:6F:91:67:AD:CC:5F:71:E9:54:A7:11:5F:  
E0:74:E4:E1:ED:BD:1B:13:21:91:B2:42:4D:4D:BE:D0:B3:56:37:A5:  
DB:A0:8C:33:73:D0:32:5A:1D:DC:8F:D3:09:8E:A8:F2:42:70:84:CE:  
1F:8F:4C:6F:AD:96:EE:DF:F8:5B:22:83:01:FB:1A:99:4D:A3:E9:6B:  
31:1F:8C:4F:E8:65:EA:82:AC:6F:7C:D4:2C:1E:C5:01:84:4A:79:67:  
14:88:74:12:75:3B:7B:66:5E:16:B6:0D:53:EB:17:24:0F:EC:E0:13:  
C6:97:B0:8F  
parm:      disable_esco:Disable eSCO connection creation (bool)  
parm:      disable_ertm:Disable enhanced retransmission mode (bool)  
parm:      enable_ecred:Enable enhanced credit flow control mode (bool)  
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe -r bluetooth  
root@rishardkogengar:/home/rishard# modprobe -r bluetooth  
root@rishardkogengar:/home/rishard# █
```

Проверка версии ядра и пакетов

- Текущая версия ядра: `uname -r`
- Список пакетов ядра: `dnf list kernel`
- Подготовка к обновлению: `dnf upgrade --refresh`

```
root@rishardkogengar:/home/rishard# uname -r
6.12.0-124.27.1.el10_1.x86_64
root@rishardkogengar:/home/rishard# dnf list kernel
Rocky Linux 10 - BaseOS                                12 kB/s | 4.3 kB   00:00
Rocky Linux 10 - AppStream                             16 kB/s | 4.3 kB   00:00
Rocky Linux 10 - Extras                               9.5 kB/s | 3.1 kB   00:00
Installed Packages
kernel.x86_64                                         6.12.0-124.8.1.el10_1          @anaconda
kernel.x86_64                                         6.12.0-124.27.1.el10_1        @baseos
root@rishardkogengar:/home/rishard# dnf upgrade --refresh
Rocky Linux 10 - BaseOS                                4.1 kB/s | 4.3 kB   00:01
Rocky Linux 10 - AppStream                             16 kB/s | 4.3 kB   00:00
Rocky Linux 10 - Extras                               12 kB/s | 3.1 kB   00:00
Dependencies resolved.
Nothing to do.
Complete!
root@rishardkogengar:/home/rishard# dnf update kernel
Last metadata expiration check: 0:00:14 ago on Wed 21 Jan 2026 11:34:43 AM MSK.
Dependencies resolved.
Nothing to do.
Complete!
```

Рис. 7: Проверка версии ядра и попытка обновления через `dnf`

Обновление и проверка после перезагрузки

- Обновление ядра: `dnf update kernel`
- Перезагрузка системы
- Проверка:
 - `uname -r`
 - `hostnamectl`
- Результат: ядро актуально, версия сохранилась (обновлений не было)

```
root@rishardkogengar:/home/rishard#
root@rishardkogengar:/home/rishard# uname -r
6.12.0-124.27.1.el10_1.x86_64
root@rishardkogengar:/home/rishard# hostnamectl
      Static hostname: rishardkogengar.localdomain
                  Icon name: computer-vm
                    Chassis: vm 🖥
                 Machine ID: d90867af7659402b989cb6f4b1bcab43
                   Boot ID: 45effe82dfb64048b8c4bea95dc76a6b
                  Product UUID: e8645d61-c521-3f41-bf2b-b5d1198e8109
        Virtualization: oracle
Operating System: Rocky Linux 10.1 (Red Quartz)
          CPE OS Name: cpe:/o:rocky:rocky:10::baseos
    OS Support End: Thu, 2025-05-31
```

Итоги работы

Вывод

- Выполнен анализ устройств и связанных драйверов (`lspci`)
- Изучены загруженные модули и зависимости (`lsmod`)
- Отработаны операции загрузки/выгрузки модулей:
 - успешная выгрузка `ext4` при отсутствии использования
 - невозможность выгрузки `xfs` из-за активного использования
- Рассмотрена загрузка модуля с параметрами на примере `bluetooth`
- Выполнена проверка и попытка обновления ядра; подтверждена актуальность установленной версии