

Лабораторная работа №10

Основы работы с модулями ядра операционной системы

Перфилов Александр Константинович | группа НПИбд 03-24

Содержание

1 Цель работы	5
2 Выполнение лабораторной работы	6
2.1 Управление модулями ядра из командной строки	6
2.2 Загрузка модулей ядра с параметрами	12
2.3 Обновление ядра системы	14
3 Контрольные вопросы	17
4 Вывод	19

Список иллюстраций

2.1	lspci -k	6
2.2	загруженные модули	9
2.3	загрузка ядра ext4 и информация	10
2.4	выгрузка модулей	12
2.5	модуль bluetooth	13
2.6	версия ядра	14
2.7	обновим ядро и систему	15
2.8	версия ОС	16

Список таблиц

1 Цель работы

Получить навыки работы с утилитами управления модулями ядра операционной системы.

2 Выполнение лабораторной работы

2.1 Управление модулями ядра из командной строки

Посмотрим, какие устройства имеются в системе и какие модули ядра с ними связаны

```
akppx@akppx:~$ su -  
Пароль:  
Последний вход в систему: Пт окт 31 16:24:13 MSK 2025 на pts/0  
root@akppx:~# lspci -k  
00:00.0 Host bridge: Intel Corporation 440FX - 82443FX PMC [Natoma] (rev 02)  
00:01.0 ISA bridge: Intel Corporation 82371SB PIIX3 ISA [Natoma/Triton III]  
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: vmmegfx  
    Kernel modules: vmmegfx  
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  
00:04.0 System peripheral: InnoTek Systemberatung GmbH VirtualBox Guest Service  
00:05.0 Multimedia audio controller: Intel Corporation 82801AA AC'97 Audio Controller (rev 01)  
    Subsystem: Dell Device 0177  
    Kernel driver in use: snd_intel8x0  
    Kernel modules: snd_intel8x0  
00:07.0 Bridge: Intel Corporation 82371AB/EB/MB PIIX4 ACPI (rev 08)  
    Kernel driver in use: piix4_smbus  
    Kernel modules: i2c_piix4  
00:0d.0 SATA controller: Intel Corporation 82801HM/HEM (ICH8M/ICH8M-E) SATA Controller [AHCI mode] (rev 02)  
    Kernel driver in use: ahci  
    Kernel modules: ahci
```

Рисунок 2.1: lspci -k

Каждая строка в выводе содержит следующую информацию:

1. Идентификатор устройства (например, 0:00.0): Уникальный адрес устройства на шине PCI.
2. Тип устройства (например, Host bridge, VGA compatible controller): Описание типа устройства.
3. Производитель и модель (например, Intel Corporation 440FX - 82441FX PMC [Natoma]): Информация о производителе и модели устройства.
4. Версия (например, (rev 02)): Версия устройства.
5. Драйвер ядра (например, Kernel driver in use: ata_piix): Драйвер, который в данный момент используется для управления устройством.
6. Модули ядра (например, Kernel modules: ata_piix, ata_generic): Модули ядра, которые могут быть загружены для работы с данным устройством.

Примеры устройств

1. Host bridge: Устройство, которое соединяет процессор с другими компонентами системы.
2. IDE interface: Устройство для управления IDE-накопителями. Использует драйвер ata_piix.
3. VGA compatible controller: Видеоконтроллер, который управляет графикой. Использует драйвер vmwgfx.
4. Ethernet controller: Сетевой контроллер для подключения к сети. Использует драйвер e1000.
5. Multimedia audio controller: Звуковой контроллер для обработки аудиосигналов. Использует драйвер snd_intel8x0.

6. USB controller: Контроллер для управления USB-устройствами.

Использует драйвер ohci-pci и ehci-pci для разных USB-портов.

7. SATA controller: Контроллер для управления SATA-накопителями.

Использует драйвер ahci.

Посмотрим, какие модули ядра загружены. Посмотрим, загружен ли модуль ext4 (нет).

nft_ct	28672	0
nft_fib	12288	3 nft_fib_ipv6,nft_fib_ipv4,nft_fib_inet
nft_fib_inet	12288	1
nft_fib_ipv4	12288	1 nft_fib_inet
nft_fib_ipv6	12288	1 nft_fib_inet
nft_reject	12288	1 nft_reject_inet
nft_reject_inet	12288	10
overlay	245760	0
pcspkr	12288	0
pmt_class	16384	1 pmt_telemetry
pmt_telemetry	16384	1 intel_pmc_core
qrtr	57344	2
rapl	2176	0
rfkill	46560	3
sd_mod	90112	3
serio_raw	20480	0
sg	53248	0
snd	159744	13 snd_seq,snd_seq_device,snd_intel8x0,snd_timer,snd_ac97_codec,snd_pcm
snd_ac97_codec	196608	1 snd_intel8x0
snd_hrtimer	12288	1
snd_intel8x0	57344	3
snd_pcm	188416	3 snd_intel8x0,snd_ac97_codec
snd_seq	131072	7 snd_seq_dummy
snd_seq_device	16384	1 snd_seq
snd_seq_dummy	12288	0
snd_timer	57344	3 snd_seq,snd_hrtimer,snd_pcm
soundcore	16384	1 snd
sr_mod	28672	1
tta	110592	2 vmmgfx,drm_tta_helper
uinput	24576	0
video	81920	0
vmmgfx	495616	1
vmm_vhci	118784	3 vmm_vsock_vhci_transport
vmm_vsock_virtio_transport_common	61440	1 vsock_loopback
vmm_vsock_vhci_transport	49152	0
vsock	65536	5 vmm_vsock_virtio_transport_common,vsock_loopback,vmm_vso
ck_vhci_transport		
vsock_loopback	12288	0
wl	32768	1 video
xfs	3283072	2

Рисунок 2.2: загруженные модули

Загрузим модуль ядра ext4. Убедимся, что модуль загружен. Посмотрим информацию о модуле ядра ext4

```
root@akpperfilov:~# lsmod | grep ext4
root@akpperfilov:~# modprobe ext4
root@akpperfilov:~# lsmod | grep ext4
ext4          1187840  0
mbcache        16384  1 ext4
jbd2          217088  1 ext4
root@akpperfilov:~# modinfo ext4
filename:      /lib/modules/5.14.0-427.35.1.el9_4.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:   10.0
srcversion:    84BD66FFA6FC1E1632CBDEF
depends:       jbd2,mbcache
intree:        Y
name:          ext4
retpoline:     Y
vermagic:     5.14.0-427.35.1.el9_4.x86_64 SMP preempt mod_unload modversions
sig_id:        PKCS#7
signer:        Rocky kernel signing key
sig_key:       32:10:61:7E:A5:BB:BD:2C:4F:E1:50:8B:01:4E:A1:71:71:EA:BF:BE
sig_hashalgo:  sha256
signature:    B5:0A:91:6A:19:01:BD:6F:21:35:D6:98:EB:01:46:D8:FD:34:6E:14:
              AE:06:D7:16:35:FD:AC:B5:9F:FA:61:79:3E:D6:31:6A:3A:44:AB:BF:
              43:B5:2C:C4:E8:E0:19:E6:F3:0F:3C:76:A7:9D:94:B9:FB:17:D2:
              04:5C:9F:F4:4F:D6:BA:20:C8:95:5A:00:B2:9A:44:06:3D:47:AC:74:
              08:EA:99:32:94:1D:F1:3B:80:18:24:1A:EC:0F:44:BD:DC:F6:D8:66:
              4C:4C:1B:2F:07:DA:12:11:D4:1C:7F:90:78:D7:E6:31:EF:21:57:3E:
```

Рисунок 2.3: загрузка ядра ext4 и информация

1. filename:

- /lib/modules/5.14.0-427.35.1.el9_4.x86_64/kernel/fs/ext4/ext4.ko.xz
 - Указывает путь к файлу модуля ядра (в данном случае, сжатый файл ext4.ko).

2. description:

- Fourth Extended Filesystem
 - Краткое описание модуля.

3. author:

- Указывает авторов разработки модуля (например, Remy Card, Stephen Tweedie и др.).

4. license:

- GPL
- Указывает лицензию, под которой распространяется модуль (в данном случае, GNU General Public License).

5. depends:

- mbcache, jbd2
- Указывает зависимости модуля от других модулей ядра. Этот модуль зависит от mbcache и jbd2.

6. alias:

- fs-ext4, ext3, fs-ext3, ext2, fs-ext2
- Указывает альтернативные имена для данного модуля, что позволяет системе загружать модуль по другим именам.

7. rhelversion:

- 9.4
- Указывает на версию Red Hat Enterprise Linux, с которой этот модуль совместим.

8. srcversion:

- 48ACD3511F499E70E80D5E4
- Уникальный идентификатор версии исходного кода модуля.

9. vermagic:

- 5.14.0-427.35.1.el9_4.x86_64 SMP preempt mod_unload modversions
- Указывает на версию ядра, для которой был скомпилирован модуль, а также на параметры конфигурации (например, поддержка SMP, прерываемости и т.д.).

10. signature:

- Содержит информацию о цифровой подписи модуля, включая алгоритм хеширования (sha256) и саму подпись.
- Это обеспечивает безопасность и целостность модуля.

Попробуем выгрузить модуль ядра ext4

Система сообщает, что модуль нельзя выгрузить так как он используется.

```
root@akpperfilov:~# modprobe -r ext4
root@akpperfilov:~# modprobe -r ext4
root@akpperfilov:~# modprobe -r ext4
root@akpperfilov:~# modprobe -r xfs
modprobe: FATAL: Module xfs is in use.
root@akpperfilov:~# modprobe -r xfs
modprobe: FATAL: Module xfs is in use.
root@akpperfilov:~# modprobe -r xfs
modprobe: FATAL: Module xfs is in use.
root@akpperfilov:~# modprobe -r xfs
modprobe: FATAL: Module xfs is in use.
root@akpperfilov:~#
```

Рисунок 2.4: выгрузка модулей

2.2 Загрузка модулей ядра с параметрами

Посмотрим, загружен ли модуль bluetooth. Нагрузим модуль ядра bluetooth. Посмотрим список модулей ядра, отвечающих за работу с Bluetooth. Посмотрим информацию о модуле bluetooth. Выгрузим модуль ядра bluetooth

```
root@akppbezfilov:~# modinfo bluetooth
filename:      /lib/modules/6.12.0-55.40.1.el18_0.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>
releasenumber: 18.0
srcversion:   9666C7AF76F721A38A1B8A2
depends:      rfkill
intree:       Y
name:        bluetooth
retpoline:    Y
vermagic:    6.12.0-55.40.1.el18_0.x86_64 SMP preempt mod_unload modversions
sig_id:       PKCS#7
signer:       Rocky kernel signing key
sig_key:      32:18:61:7E:A5:BB:BD:2C:4F:C1:58:8B:01:4E:A1:71:71:EA:BF:BE
sig_hashalgo: sha256
signature:   39:70:0F:9C:71:A5:53:7B:F9:42:EF:8A:2A:E3:DC:E4:56:0A:70:61:
              F4:1D:61:B5:F1:C2:8A:C8:96:0F:7F:DB:A1:60:1D:FC:48:52:F5:98:
              74:51:D2:24:7F:A1:DA:BD:5C:4A:1D:A3:7F:0B:90:75:58:12:2C:32:
              1F:00:4F:D6:C1:DC:84:7D:D1:D4:CD:99:52:AA:18:6E:FF:66:11:66:
```

Рисунок 2.5: модуль bluetooth

параметры модуля Bluetooth

1. disable_esco:

- Описание: Отключает создание соединений eSCO (Extended Synchronous Connection-Oriented).
- Тип: bool (логический, true/false)

2. disable_erm:

- Описание: Отключает режим улучшенной повторной передачи (Enhanced Retransmission Mode).
- Тип: bool (логический, true/false)

3. enable_ecred:

- Описание: Включает режим улучшенного управления потоком (Enhanced Credit Flow Control).
- Тип: bool (логический, true/false)

2.3 Обновление ядра системы

Посмотрим версию ядра, используемую в операционной системе. Выведем на экран список пакетов, относящихся к ядру операционной системы. Обновим систему, чтобы убедиться, что все существующие пакеты обновлены

```
root@akpperfilov:~# uname -r
6.12.0-55.40.1.el10_0.x86_64
root@akpperfilov:~# dnf list kernel
Extra Packages for Enterprise Linux 10 - x86_64      137 kB/s | 29 kB   00:00
Extra Packages for Enterprise Linux 10 - x86_64      6.6 MB/s | 4.8 MB   00:00
R Tools PPA                                         1.9 kB/s | 1.5 kB   00:00
R Tools PPA                                         19 kB/s | 41 kB   00:02
Rocky Linux 10 - BaseOS                            13 kB/s | 4.3 kB   00:00
Rocky Linux 10 - BaseOS                            17 MB/s | 23 MB   00:01
Rocky Linux 10 - AppStream                         16 kB/s | 4.3 kB   00:00
Rocky Linux 10 - AppStream                         2.8 MB/s | 2.2 MB   00:00
Rocky Linux 10 - Extras                           12 kB/s | 3.1 kB   00:00
Rocky Linux 10 - Extras                           12 kB/s | 5.5 kB   00:00
Установленные пакеты
kernel.x86_64                                     6.12.0-55.12.1.el10_0          ganaconda
kernel.x86_64                                     6.12.0-55.32.1.el10_0          #baseos
kernel.x86_64                                     6.12.0-55.40.1.el10_0          #baseos
Имеющиеся пакеты
kernel.x86_64                                     6.12.0-55.41.1.el10_0          baseos
root@akpperfilov:~# dnf upgrade --refresh
Extra Packages for Enterprise Linux 10 - x86_64      147 kB/s | 29 kB   00:00
R Tools PPA                                         1.8 kB/s | 1.5 kB   00:00
Rocky Linux 10 - BaseOS    [ *** ] --- 8/s | 0 B   --:-- ETA
```

Рисунок 2.6: версия ядра

Обновим ядро операционной системы, а затем саму операционную систему

```
root@akpprezfilov:~# dnf update kernel
Последняя проверка окончания срока действия метаданных: 0:03:53 назад, Пт 07 ноя 2025 16:24:17.
Зависимости разрешены.
Нет действий для выполнения.
Выполнено!
root@akpprezfilov:~# dnf update \
> ^C
root@akpprezfilov:~# dnf update
Последняя проверка окончания срока действия метаданных: 0:04:07 назад, Пт 07 ноя 2025 16:24:17.
Зависимости разрешены.
Нет действий для выполнения.
Выполнено!
root@akpprezfilov:~# dnf upgrade --refresh
Extra Packages for Enterprise Linux 10 - x86_64           80 kB/s | 29 kB     00:00
R Tools PPA                                         1.3 kB/s | 1.5 kB     00:01
Rocky Linux 10 - BaseOS                           9.1 kB/s | 4.3 kB     00:00
Rocky Linux 10 - AppStream                         14 kB/s | 4.3 kB     00:00
Rocky Linux 10 - Extras                           11 kB/s | 3.1 kB     00:00
Зависимости разрешены.
Нет действий для выполнения.
Выполнено!
root@akpprezfilov:~#
```

Рисунок 2.7: обновим ядро и систему

Посмотрим версию ядра, используемую в операционной системе (выбрана последняя версия)

```
akpperfilov@akpperfilov:~$ uname -r
6.12.0-55.41.1.el10_0.x86_64
akpperfilov@akpperfilov:~$ hostnamectl
  Static hostname: akpperfilov.localdomain
    Icon name: computer-vm
      Chassis: vm
     Machine ID: d53daec287194888a4ada4a71f550e32
       Boot ID: f0e6e71806c04c39a277e80e374d1281
   Virtualization: oracle
  Operating System: Rocky Linux 10.0 (Red Quartz)
    CPE OS Name: cpe:/o:rocky:rocky:10::baseos
      OS Support End: Thu 2035-05-31
OS Support Remaining: 9y 6month 3w
      Kernel: Linux 6.12.0-55.41.1.el10_0.x86_64
    Architecture: x86-64
  Hardware Vendor: innotek GmbH
  Hardware Model: VirtualBox
Firmware Version: VirtualBox
  Firmware Date: Fri 2006-12-01
  Firmware Age: 18y 11month 1w
akpperfilov@akpperfilov:~$
```

Рисунок 2.8: версия ОС

3 Контрольные вопросы

1. Какой командой показать текущую версию ядра?

uname -r

2. Как посмотреть более подробную информацию о текущей версии ядра?

uname -a

Эта команда покажет полную информацию о системе, включая версию ядра.

3. Какая команда показывает список загруженных модулей ядра?

lsmod

4. Как определить параметры модуля ядра?

modinfo

Замените на имя интересующего вас модуля.

5. Как выгрузить модуль ядра?

rmmod

Или можно использовать:

modprobe -r

6. Что делать, если вы получили сообщение об ошибке при попытке выгрузить модуль ядра?

- Убедитесь, что модуль не используется другими процессами. Используйте команду lsof или fuser, чтобы найти процессы, использующие модуль.
- Если модуль является зависимостью для других модулей, сначала нужно выгрузить их.
- Попробуйте использовать modprobe -r вместо rmmod, так как он автоматически обработает зависимости.

7. Как определить, какие параметры модуля ядра поддерживаются?

modinfo -p

8. Как установить новую версию ядра?

- После установки перезагрузите систему:

reboot

- Выберите новую версию ядра в меню загрузчика (GRUB), если это необходимо.

4 Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы я получил навыки работы с утилитами управления модулями ядра операционной системы.