

Лекция 1. Введение

CS221. Архитектура компьютера и операционные системы

7 сентября 2017 г.

Список литературы

Теория







Столлингс В. — *Операционные системы.* — пер. с англ. — 4-е изд. — М. : ООО "И. Д. Вильямс", 2004. — 848 с. — ISBN 5-8459-0310-6.



Таненбаум Э., Бос Х. — *Современные операционные системы.* — пер. с англ. — 4-е изд. — СПб. : Питер, 2015. — 1120 с. — (Классика computer science). — ISBN 978-5-496-01395-6.





Список литературы (продолжение)

Внутреннее устройство отдельных операционных систем

-  *Бовет Д., Чезати М.* — Ядро Linux. — пер. с англ. — 3-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2007. — 1104 с. — ISBN 978-5-94157-957-0.
-  *Лав Р.* — Ядро Linux : описание процесса разработки. — пер. с англ. — 3-е изд. — М. : ООО "И. Д. Вильямс", 2013. — 496 с. — ISBN 978-5-8459-1779-9.
-  *Руссинович М., Соломон Д.* — Внутреннее устройство Microsoft Windows. — пер. с англ. — 6-е изд. — СПб. : Питер, 2013. — 800 с. — («Мастер-класс»). — ISBN 978-5-459-01730-4.
-  *Руссинович М., Соломон Д., Ионеску А.* — Внутреннее устройство Microsoft Windows : Основные подсистемы ОС. — пер. с англ. — 6-е изд. — СПб. : Питер, 2014. — 673 с. — («Мастер-класс»). — ISBN 978-5-496-00791-7.

Список литературы (продолжение)

Командная оболочка bash

-  *Блум Р., Бреснахэн К.* — Командная строка Linux и сценарии оболочки : Библия пользователя. — пер. с англ. — 2-е изд. — М. : ООО “И. Д. Вильямс”, 2012. — 784 с. — ISBN 978-5-8459-1780-5.
-  *Граннеман С.* — Linux : Необходимый код и команды. — пер. с англ. — 2-е изд. — М. : ООО “И. Д. Вильямс”, 2015. — 416 с. — (Карманный справочник). — ISBN 978-5-8459-1956-4.
-  *Курячий Г. В., Маслинский К. А.* — Операционная система Linux: Курс лекций : Учебное пособие. — 2-е изд., исправленное. — М. : ALT Linux; Издательство ДМК Пресс, 2010. — 348 с. — (Библиотека ALT Linux). — ISBN 978-5-97060-390-1.
-  *Тайнсли Д.* — Linux и UNIX: программирование в shell : Руководство разработчика. — пер. с англ. — Киев : Издательская группа BHV, 2001. — 464 с. — ISBN 966-552-085-7.

Список литературы (окончание)

Программирование



Лав Р. — Linux : Системное программирование. — пер. с англ. — 2-е изд. — СПб. : Питер, 2014. — 448 с. — («Бестселлеры O'Reilly»). — ISBN 978-5-496-00747-4.



Рихтер Дж. — Windows для профессионалов: создание эффективных Win32 приложений с учётом специфики 64-разрядной версии Windows. — пер. с англ. — 4-е изд. — СПб. : Питер, 2008. — 720 с. — ISBN 5-272-00384-5.

Объёмы кода ОС

Дата	Сущность	Величина
Стоимость разработки с нуля		
2008	Ядро Linux 2.6.25	\$1,3 млрд.
	Fedora 9	\$10,8 млрд.
	Годовой прирост для ядра Linux	€225 млн.
2010	Ядро Linux	€1 млрд. (\$1,4 млрд.)
Март 2011	Ядро Linux 2.6.x	€2,2 млрд. (\$3 млрд.)
Количество строк кода		
Март 2005	Ядро Linux 2.6.11	6 млн. (75 книг)
Январь 2016	Ядро Linux 4.4	16,7 млн.

Таблица 1: характеристики размеров операционных систем.

Построение курса операционных систем

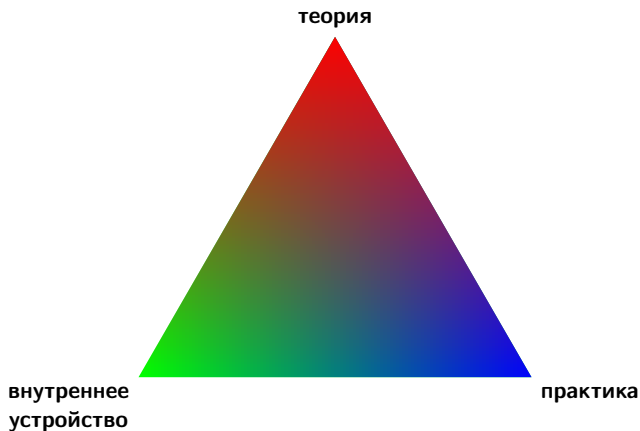


Рис. 1: варианты построения курса операционных систем

Предмет изучения

Определение (Wikipedia)

Операционная система: (Operating System) — ПО, управляющее **ресурсами аппаратного обеспечения** вычислительного устройства и предоставляющее общие услуги для исполнения **прикладных программ**.

Основные особенности

- большой объём;
- режимы *ядра* (супервизора) и *пользователя*

Пример

```
int main()
{
    int *pn = 0;
    *pn = 123;
}
```


Предмет изучения

Определение (Wikipedia)

Операционная система: (Operating System) — ПО, управляющее **ресурсами аппаратного обеспечения** вычислительного устройства и предоставляющее общие услуги для исполнения **прикладных программ**.

Основные особенности

- большой объём;
- режимы *ядра* (супервизора) и *пользователя*

Пример

```
int main()
{
    int *pn = 0;
    *pn = 123;
}
```

Компоненты операционных систем

Основные компоненты

- ядро;
- сетевые возможности;
- безопасность;
- пользовательский интерфейс.

Определение ядра

Определение

Ядро: (kernel) — предоставляет базовый уровень управления аппаратными ресурсами (при помощи ПО прошивки и драйверов устройств).

Функции/компоненты ядра

- поддержка исполнения программ;
- прерывания;
- режимы исполнения (защищённый/супервизора);
- управление памятью;
- виртуальная память;
- многозадачность;
- драйверы устройств.

Определение ядра

Определение

Ядро: (kernel) — предоставляет базовый уровень управления аппаратными ресурсами (при помощи ПО прошивки и драйверов устройств).

Функции/компоненты ядра

- поддержка исполнения программ;
- прерывания;
- режимы исполнения (защищённый/супервизора);
- управление памятью;
- виртуальная память;
- многозадачность;
- драйверы устройств.

Исполнение программ

Определения

Процесс: (Process) — процесс исполнения программы.

Адресное пространство: (Address space) — множество ячеек оперативной памяти, доступных заданному процессу.

Многозадачность: (Multitasking) — способ, позволяющий нескольким одновременно работающим процессам разделять аппаратные и иные ресурсы системы.

Виды многозадачности

- невытесняющая (non-preemptive) (Windows 3.x);
- вытесняющая (preemptive).

Исполнение программ

Определения

Процесс: (Process) — процесс исполнения программы.

Адресное пространство: (Address space) — множество ячеек оперативной памяти, доступных заданному процессу.

Многозадачность: (Multitasking) — способ, позволяющий нескольким одновременно работающим процессам разделять аппаратные и иные ресурсы системы.

Виды многозадачности

- невытесняющая (non-preemptive) (Windows 3.x);
- вытесняющая (preemptive).

Исполнение программ

Определения

Процесс: (Process) — процесс исполнения программы.

Адресное пространство: (Address space) — множество ячеек оперативной памяти, доступных заданному процессу.

Многозадачность: (Multitasking) — способ, позволяющий нескольким одновременно работающим процессам разделять аппаратные и иные ресурсы системы.

Виды многозадачности

- невытесняющая (non-preemptive) (Windows 3.x);
- вытесняющая (preemptive).

Исполнение программ

Определения

Процесс: (Process) — процесс исполнения программы.

Адресное пространство: (Address space) — множество ячеек оперативной памяти, доступных заданному процессу.

Многозадачность: (Multitasking) — способ, позволяющий нескольким одновременно работающим процессам разделять аппаратные и иные ресурсы системы.

Виды многозадачности

- невытесняющая (non-preemptive) (Windows 3.x);
- вытесняющая (preemptive).

Процесс

Представление процесса в ОС

- *образ* исполняемого машинного кода;
- область (виртуальной) оперативной памяти (код, данные, стек, куча);
- дескрипторы ресурсов ОС (файлов, ...);
- *атрибуты безопасности*;
- состояние процессора (*контекст*): набор регистров,

Поток

Определения

Планирование исполнения задач: (Scheduling) — схема распределения времени доступных процессорных ядер для многозадачного исполнения процессов.

Поток (исполнения): (нить, thread (of execution)) — наименьшая единица исполнения, рассматриваемая планировщиком.

Преимущества потоков

- быстроедействие;
- разделение общих данных.

Пример

```
int g_anData[1000];
```

Поток

Определения

Планирование исполнения задач: (Scheduling) — схема распределения времени доступных процессорных ядер для многозадачного исполнения процессов.

Поток (исполнения): (нить, thread (of execution)) — наименьшая единица исполнения, рассматриваемая планировщиком.

Преимущества потоков

- быстроедействие;
- разделение общих данных.

Пример

```
int g_anData[1000];
```

Прерывание

Определение

Прерывание: (Interrupt) — асинхронный сигнал, требующий синхронного с ним сохранения состояния процессора и выполнения *обработчика прерывания* (части прошивки, драйвера или ОС).

Виды прерываний

- аппаратные;
- программные.

Прерывание

Определение

Прерывание: (Interrupt) — асинхронный сигнал, требующий синхронного с ним сохранения состояния процессора и выполнения *обработчика прерывания* (части прошивки, драйвера или ОС).

Виды прерываний

- аппаратные;
- программные.

Режимы процессов

Режимы исполнения процессов

Режим супервизора: (Supervisor mode) — без ограничений (ядро).

Защищённый режим: (Protected mode) — доступ к ограниченному набору инструкций, регистров. Инициирование прерывания (программного или исполнением недопустимой операции) приводит к исполнению обработчика из супервизора.

Пример: режимы привилегий в X86

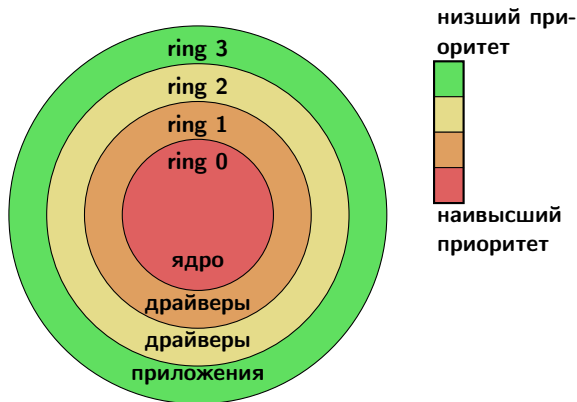


Рис. 2: уровни (кольца) привилегий в архитектуре X86

Управление памятью

Виды управления памятью

Кооперативное: (Cooperative) — все процессы разделяют адресное пространство ядра, добровольно используя только собственные области (Windows 3.x).

Защита памяти: (Memory protection) — доступ к области памяти, не принадлежащей процессу, вызывает **прерывание** (*page fault*).

Управление памятью в многозадачной среде

Определение

Виртуальная память: (Virtual memory) — техника управления памятью, используемая многозадачными ядрами. Позволяет отображать виртуальные адреса процессов в разные области физической памяти и других хранилищ данных.

Концепция виртуальной памяти

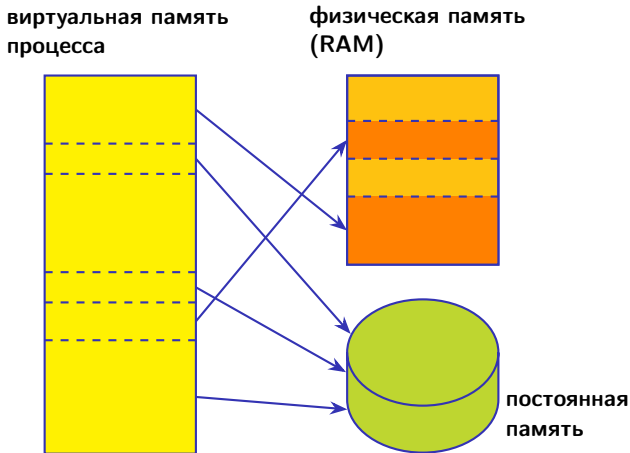


Рис. 3: концепция виртуальной памяти

Преимущества виртуальной памяти

Облегчение прикладного программирования

- Избавление от необходимости *перемещения кода* (relocation) и/или использования *относительной адресации* (relative addressing);
- сокращение фрагментации памяти;
- передача ядру задач управления иерархией памяти.

Отображение файла в память

Определение

Отображение файла в память: (Memory-mapped file) — область виртуальной памяти, имеющая побайтовое соответствие некоторой области файла или подобного ему ресурса.

Драйвер

Определение

Драйвер устройства: (Device driver) — программа, позволяющая ПО верхнего уровня взаимодействовать с аппаратным устройством единообразным способом, скрывая особенности его конкретной модели, модификации и т. д.

Концепции организации ядра

Определения

Монолитное ядро: (monolithic kernel) — весь код ОС работает в одном адресном пространстве.

Микроядро: (microkernel) — ядро реализовано в виде минимального набора функций:

- низкоуровневое управление адресным пространством;
- управление потоками;
- межпроцессное взаимодействие.

Другие функции ОС вынесены на пользовательский уровень:

- драйверы устройств;
- стеки протоколов;
- файловые системы.

Концепции организации ядра

Определения

Монолитное ядро: (monolithic kernel) — весь код ОС работает в одном адресном пространстве.

Микроядро: (microkernel) — ядро реализовано в виде минимального набора функций:

- низкоуровневое управление адресным пространством;
- управление потоками;
- межпроцессное взаимодействие.

Другие функции ОС вынесены на пользовательский уровень:

- драйверы устройств;
- стеки протоколов;
- файловые системы.

Сравнение концепций ядер

Концепция	Преимущества	Примеры
Монолитное ядро	Скорость	UNIX, FreeBSD, Linux, MS-DOS, Windows 9x, Windows NT
Микроядро	Надёжность, потребление памяти	Mach, L4

Таблица 2: особенности концепций и примеры реализации

Гипервизор

Определение

Гипервизор: (Hypervisor, Virtual Machine Manager) — технология аппаратной виртуализации, позволяющая множеству (*гостевых*) ОС работать параллельно на одном устройстве.

Управление доступом

Определение

Избирательное управление доступом: (Discretionary Access Control, DAC) — управление доступом субъектов к объектам на основе *списков управления доступом* (Access Control List, ACL, матрица доступа).

Источники определения прав доступа

- владелец;
- *суперпользователь*;
- передача прав от уполномоченного субъекта.

Управление доступом

Определение

Избирательное управление доступом: (Discretionary Access Control, DAC) — управление доступом субъектов к объектам на основе *списков управления доступом* (Access Control List, ACL, матрица доступа).

Источники определения прав доступа

- владелец;
- суперпользователь;
- передача прав от уполномоченного субъекта.

Общие критерии

Определения

Критерии определения безопасности компьютерных систем: (Trusted Computer System Evaluation Criteria, Orange Book) — стандарт министерства обороны США, устанавливающий условия для оценки эффективности средств безопасности компьютерных систем (1983 г.)

Общие критерии оценки защищённости информационных технологий: (Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, Common Criteria, CC) — международный стандарт ISO/IEC 15408, пришедший на замену TCSEC (2005 г.)

Общие критерии

Определения

Критерии определения безопасности компьютерных систем: (Trusted Computer System Evaluation Criteria, Orange Book) — стандарт министерства обороны США, устанавливающий условия для оценки эффективности средств безопасности компьютерных систем (1983 г.)

Общие критерии оценки защищённости информационных технологий: (Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, Common Criteria, CC) — международный стандарт ISO/IEC 15408, пришедший на замену TCSEC (2005 г.)

Уровни безопасности

Классификация систем безопасности

- D (Minimal Protection, минимальная защита)
- C
 - C1 (Discretionary Access Protection, защита с разграниченным доступом — устарел)
 - C2 (Controlled Access Protection — защита с управляемым доступом)
- B
 - B1 (Labeled Security Protection, защита с помеченной безопасностью)
 - B2 (Structured Protection, структурированная защита)
 - B3 (Security Domains, области безопасности)
- A
 - A1 (Verified Design, проверенный дизайн)
 - Выше A1

Пример

Требования класса C1 (избирательная защита безопасности)

- Механизм безопасной регистрации;
- Разделение пользователей и данных;
- Управление избирательным доступом;
- Обязательная системная документация и руководства пользователя.

Дополнительные требования класса C2

- Аудит безопасности;
- Защита при повторном использовании объектов;
- Функциональность пути доверительных отношений;
- Управление доверительными отношениями.

Пример

Требования класса C1 (избирательная защита безопасности)

- Механизм безопасной регистрации;
- Разделение пользователей и данных;
- Управление избирательным доступом;
- Обязательная системная документация и руководства пользователя.

Дополнительные требования класса C2

- Аудит безопасности;
- Защита при повторном использовании объектов;
- Функциональность пути доверительных отношений;
- Управление доверительными отношениями.

OS/360

Разработка

- Время: 1965–1972;
- Разработчик: IBM;
- Платформа: System/360.

Основные особенности

- Единая ОС линейки продуктов;
- Управление системными ресурсами: память программ и данных, файлы;
- Блокировка файлов;
- Пакетная обработка заданий, прерывания ввода/вывода, буферизация, многозадачность, динамические библиотеки.

CP/M

Разработка

- Время: 1974–1983;
- Разработчик: Digital Research;
- Платформа: Intel 8080, Zilog Z80 и т. д.

Основные особенности

- Однозадачная, одно-/многопользовательская система;
- Система команд терминала;
- Дисковая файловая система.

MS-DOS

Разработка

- Время: 1981–2000;
- Разработчик: Microsoft;
- Платформа: Intel 8086.

Основные особенности

- Однозадачная, однопользовательская система;
- Система команд терминала;
- Дисковая файловая система (FAT);
- Устанавливаемые драйверы устройств.

UNIX (System V Release 4)

Разработка

- Время: 1969–1989;
- Разработчик: AT&T Bell Labs (Кен Томпсон, Брайан Керниган, Дэннис Ритчи, Дуглас Макелрой, Джо Осанна ...);
- Платформы: PDP-7 и т. д.

Основные особенности

- Портируемость, многозадачность, многопользовательность;
- Иерархическая файловая система, устройства и средства межпроцессного взаимодействия в виде файлов;
- Взаимодействие программ при помощи каналов (`ls /etc | wc -w`);
- Командная оболочка как пользовательский процесс с возможностью исполнения пакетных сценариев, текстовые файлы конфигурации.

Berkeley Software Distribution

Разработка

- Время: 1977–1995;
- Разработчик: University of California, Berkeley;
- Платформы: PDP-11, VAX, Intel 80386.

Основные особенности

- Открытый исходный код по лицензии BSD;
- Реализация протокола TCP/IP, Berkeley Sockets;
- Командная оболочка `ssh`, библиотека `curses` и т. д.

Linux

Разработка

- Время: 1991–настоящее время;
- Разработчики: Линус Торвальдс, ...;
- Платформы: x86, ARM, SPARC, PowerPC, ...

Основные особенности

- Открытый исходный код по лицензии GNU GPL.

macOS (OS X, Mac OS X)

Разработка

- Время: 2001–настоящее время;
- Разработчик: Apple;
- Платформы: x86-64, IA-32, PowerPC.

Основные особенности

- Гибридное ядро (XNU).

Windows

Разработка

- Время: 1985–настоящее время;
- Разработчик: Microsoft;
- Платформы: x86-64, IA-32, Itanium, ARM.

Основные особенности

- Семейства: Windows 3.x, Windows 9x, Windows CE, Windows NT.

Определение

Институт инженеров электротехники и электроники: (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) — некоммерческая профессиональная ассоциация (с 1963 г.), деятельность:

- наука,
- образование,
- публикации,
- конференции,
- **стандарты** (IEEE-SA).

Области деятельности:

- радиоэлектроника,
- связь и коммуникации,
- информатика,
- ...

GNU

Определение

Проект GNU: (GNU's Not Unix) — некоммерческая организация (с 1983 г.), деятельность которой направлена на помощь разработчикам с целью создания свободного программного обеспечения.

Основные проекты

- GCC (GNU Compiler Collection);
- Набор утилит GNU.

POSIX

Определение

Переносимый интерфейс операционных систем Unix: (Portable Operating System Interface for Unix, POSIX) — семейство стандартов IEEE, направленных на совместимость между ОС: IEEE 1003.1-2008.

Аспект	Примеры
Основные концепции	имена и атрибуты файлов, регулярные выражения, потоки
Интерфейс прикладных программ	<code>fopen()</code> , <code>fork()</code> , <code>pthread_create()</code> , <code>inet_addr()</code>
Язык командной оболочки	управляющие конструкции, специальные переменные (PATH)
Утилиты	mkdir , <code>chmod</code> , <code>make</code> , <code>qsub</code>

Таблица 3: аспекты стандарта

ОС, совместимые с POSIX

Полностью

- HP-UX
- OS X
- Solaris
- AIX
- QNX
- ...

В основном

- FreeBSD
- GNU/Linux
- MINIX
- ...

В Windows

- Cygwin
- MinGW
- Microsoft POSIX Subsystem
- ...

Командная оболочка

Определение

Командная оболочка: (интерпретатор командной строки, `command line shell`, `command-line interpreter`) — программа, считывающая строки из терминала, текстового файла и других источников и интерпретирующая их в качестве команд некоторой системы.

Режимы исполнения команд

- Интерактивный;
- Пакетный.

Определение

bash: (Bourne-Again shell) — разработана в рамках проекта GNU, впервые выпущена в 1989 г. По умолчанию в GNU/Linux, OS X.