

Курс «Операционные системы»

ЮФУ, мехмат, 3.11, 2009/2010 учебный год, осенний семестр

Программа курса

Введение в компьютерные системы

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. Аппаратные компоненты компьютерной системы. Центральный процессор: команды, режимы, регистры, цикл исполнения команд, прерывания и их обработка, виды архитектур. Запоминающие устройства: основные характеристики, иерархия устройств, процессорный кэш. Организация ввода/вывода: категории устройств, скорости передачи данных, порты ввода/вывода и регистры устройств, отображаемый в память ввод/вывод, прямой доступ к памяти. Устройство жёсткого диска, физическая и виртуальная геометрия, адресация блоков, порядок чтения сектора. Шины современной системы.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. Структура компьютерной системы. Предназначение операционной системы: интерфейс между пользователем и компьютером, управление ресурсами. Эволюция операционных систем: системы последовательной обработки данных, простые пакетные системы, многозадачные пакетные системы, системы с разделением времени, семейство Unix, семейство DOS/Windows. Классы современных операционных систем. Основные понятия операционных систем: процессы, память, ввод/вывод, файлы, контроль доступа, оболочки, системные вызовы. Архитектура операционных систем: понятие ядра, многоуровневая организация, монолитные, микроядерные и экзоядерные архитектуры, системы виртуальных машин, клиент-серверные системы.

Управление процессами и потоками

ПРОЦЕССЫ И ПОТОКИ. Процессы: определение, след и состояние. Модели процессов: модель с двумя состояниями, модели с блокировкой и приостановкой. Структуры данных процессов: таблица процессов, адресное пространство и управляющий блок процесса. Управление процессами: создание и завершение, переключение, приостановление и активация. Потоки: понятие потока, многопоточность и многозадачность, структура многопоточных процессов, примеры использования потоков. Схемы реализации многопоточности: в пространстве пользователя, в пространстве ядра, смешанная реализация. Операции над потоками: создание, запуск и завершение; приостановление и возобновление; блокировка и пробуждение; передача управления, аннулирование и присоединение. Потоки в языках программирования.

ВЗАИМНОЕ ИСКЛЮЧЕНИЕ И МЕЖПРОЦЕССНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ. Разделяемые переменные, состязания (гонки), атомарные инструкции. Понятия взаимного исключения и критической секции, схема процесса с критической секцией, пример. Условия взаимного исключения. Программные подходы к реализации взаимного исключения: алгоритмы Деккера (все варианты), Петерсона и Лампорта. Аппаратные подходы к реализации взаимного исключения: отключение прерываний, инструкция TSL, инструкция SWAP. Понятие семафора, реализация взаимного исключения с помощью семафоров (мьютексы), мьютексные блокировки в C++ и Java. Задача производителя и потребителя, её решение

с помощью семафоров. Понятие монитора, синхронизация в мониторах. Вызов signal: семантики Э. Хоара и П. Бринч Хансена. Решение задачи производителя и потребителя с помощью мониторов. Мониторы Лэмпсона—Ределла. Мониторы Java, недостатки реализации. Решение задачи производителя и потребителя с помощью мониторов Java. Условные переменные, пример в C++. Барьерная синхронизация. Синхронизация в системах передачи сообщений, понятие рандеву.

МНОГОПОТОЧНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ. Структуры данных с поддержкой многопоточности: блокирующие очереди, потокобезопасные контейнеры. Модели распределения задач: взаимодействующие равные, производитель — потребитель, конвейер, управляющий — рабочие (портфель задач). Библиотека Executor Framework в Java: вычисления, результаты вычислений, пулы потоков.

КЛАССИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МЕЖПРОЦЕССНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. Задача об обеде философов: постановка, применение на практике, проблемы наивного решения и подходы к их исправлению, неэффективное гарантированное решение, решение по Э. Таненбауму и его недостатки. Задача о читателях и писателях: постановка, применение на практике, решение с семафорами и его недостатки, блокировки чтения и записи в Java. Задача о спящем брадобрее: постановка, применение на практике, решение с семафорами. Задача о Санта-Клаусе (Деде Морозе) и его помощниках, решение с мониторами на Java.

ПЛАНИРОВАНИЕ. Основные понятия: планирование, планировщик, алгоритм планирования. Порядок запуска планировщика. Критерии планирования, категории критериев для систем различных типов. Приоритеты процессов. Процессы, ограниченные возможностями процессора, и процессы, ограниченные возможностями ввода/вывода. Алгоритмы планирования: «первым пришел — первым обслужен», «кратчайшая задача — первая», планирование по наименьшему оставшемуся времени выполнения, циклическое, приоритетное, гарантированное, лотерейное и справедливое планирование. Механизмы и политики планирования. Особенности планирования потоков.

ВЗАИМОБЛОКИРОВКИ. Ресурсы компьютерной системы: типы, порядок использование, конкуренция за ресурсы. Понятие взаимоблокировки. Условия возникновения взаимоблокировок и их устранение. Приёмы моделирования взаимоблокировок: модель на графах, векторно-матричная модель. Методы предотвращения взаимоблокировок: запрет запуска процесса, запрет выделения ресурса (опасные и безопасные состояния, алгоритм банкира). Методы обнаружения взаимоблокировок, стратегии восстановления. Подход к проблеме взаимоблокировок в массовых операционных системах и системах программирования.

Хранение информации и ввод/вывод

УПРАВЛЕНИЕ ПАМЯТЬЮ. Основные требования к подсистеме управления памятью: возможность перемещения, защита адресного пространства, совместное использование, логическая и физическая организация. Простейшие системы с распределением памяти: фиксированное и динамическое распределение, система двойников, страничная и сегментная организация памяти. Адресация памяти и проблема преобразования адресов: преобразование логического адреса (селекторы и дескрипторы сегментов), преобразование линейного адреса (таблицы страниц, многоуровневые и инвертированные таблицы страниц, буфер быстрого преобразования адресов), общая схема преобразования адресов. Идея виртуальной памяти, основные понятия: резидентное множество, вторичная память, страничная ошибка, биты присутствия, большие таблицы страниц. Алгоритмы управления виртуальной памятью: выборка, размещение, замещение (оптимальный алгоритм, LRU, FIFO,

часовой алгоритм и его модификации), управление резидентным множеством, очистка.

ФАЙЛОВЫЕ СИСТЕМЫ. Интерфейс файловой системы: файлы и каталоги. Файлы: понятие, форматы содержимого, методы доступа к файлам, атрибуты, файловые операции, файлы в процессах. Каталоги: понятие, цели, основные операции, структуры каталогов, пути, мягкие и жёсткие ссылки, права доступа. Монтирование файловых систем. Разбиение жёсткого диска, типовые разбиения для разных систем. Порядок загрузки операционной системы. Реализация файловых систем: зона ответственности, размеры блоков, соотношение файловой системы и операционной системы, размещение файлов (непрерывное размещение, связные списки, таблица размещения файлов, индексные узлы), размещение каталогов (структуры каталогов, реализация длинных имён, поиск файлов), хранение информации о свободных блоках (списки, битовые карты), дисковые квоты, создание резервных копий, непротиворечивость файловой системы и способы её обеспечения, производительность файловой системы, журнализация. Примеры файловых систем: файловые системы CP/M и MS-DOS, система NTFS, системы ext2, ext3 и ext4, особенности других файловых систем (ZFS, ReiserFS и Reiser4, HFS и HFS+, Btrfs, файловые системы для CD и DVD-дисков).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА/ВЫВОДА. Эволюция методов ввода/вывода. Программируемый ввод/вывод. Ввод/вывод, управляемый прерываниями: реализация системного вызова, обработчик прерывания. Ввод/вывод с использованием DMA-контроллера. Уровни подсистемы ввода/вывода и её архитектура и основные функции. Обеспечение независимости функций ввода/вывода от устройств, буферизация. Модели ввода/вывода: блокируемый и неблокируемый ввод/вывод, таймеры и прерываемые операции, мультиплексирование (вызовы select и poll), асинхронность (асинхронные операции, сигналы и их обработчики).

Безопасность

Основные понятия безопасности, уязвимость компонентов компьютерной системы, задачи обеспечения безопасности. Основные криптографические механизмы: симметричные и асимметричные криптосистемы, цифровая подпись. Классификация угроз: раскрытие данных, обман, разрушение, узурпация. Основные виды вредоносного программного обеспечения: вирусы, черви, боты, руткиты. Ошибки в программном обеспечении. Понятие и виды аутентификации, проверка паролей. Основные понятия контроля доступа: виды и компоненты. Домены защиты, матрица контроля доступа и способы её представления. Понятие надёжной системы, формальные модели, состояния системы. Модели Белла — Ла Падуды и Биба. Понятие скрытого канала. Системы обнаружения вторжений, профили пользователей, приёмы обнаружения вторжений, аудит. Защита от вирусов и червей. Защита от проблемы переполнения буфера.

Многопроцессорные системы и виртуализация

МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ. Условия возникновения и виды многопроцессорных систем. Системы с общей памятью UMA: общая шина, полнодоступные коммутаторы, Ω -сети. Системы с общей памятью NUMA: разновидности, каталоговые мультипроцессоры. Многоядерные процессоры. Основные программные архитектуры: независимые операционные системы, выделение главной системы, SMP. Особенности синхронизации: инструкция TSL и её недостатки, схема с кэшированием, цепи блокировок, ожидание в

цикле и переключение. Особенности планирования: методы планирования независимых (подход с единой структурой данных) и зависимых процессов (группы процессов, бригадное планирование).

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ. Понятие и основные компоненты систем виртуализации. Преимущества виртуализации, история развития идей и методов реализации. Требования к виртуализации Попека и Гольдберга: свойства, виды инструкций, условия виртуализируемости. Типы виртуализации: эмуляция, полная виртуализация (гипервизоры типа 1 и типа 2), паравиртуализация, виртуализация на уровне операционной системы. Виртуализация устройств: процессор, память, устройства ввода/вывода. Программное обеспечение с поддержкой виртуализации.

Современные операционные системы

Linux: многоуровневая организация системы, пользовательские интерфейсы, структура ядра, управление процессами, управление памятью. Windows: архитектура и программные интерфейсы.

Вопросы к экзамену

1. Аппаратное обеспечение: центральный процессор.
2. Аппаратное обеспечение: организация ввода/вывода.
3. Аппаратное обеспечение: жёсткие диски.
4. Эволюция операционных систем.
5. Архитектура операционных систем, классы современных операционных систем.
6. Понятие процесса, модели процессов.
7. Структуры данных процессов, управление процессами.
8. Понятие потока, операции с потоками, реализация потоков.
9. Взаимное исключение и критические секции.
10. Алгоритм Деккера реализации взаимного исключения.
11. Алгоритмы Петерсона и Лампорта реализации взаимного исключения
12. Аппаратные подходы к реализации взаимного исключения.
13. Семафоры и мьютексные переменные.
14. Мониторы.
15. Структуры данных с поддержкой многопоточности.
16. Модели распределения задач.
17. Задача об обеде философов.
18. Задача о читателях и писателях.
19. Задача о спящем брадобрее.
20. Задача о Санта-Клаусе и его помощниках.
21. Основные понятия и алгоритмы планирования процессов.
22. Взаимоблокировки, условия возникновения и приёмы устранения.
23. Моделирование взаимоблокировок.
24. Методы предотвращения взаимоблокировок.
25. Обнаружение взаимоблокировок и восстановление.
26. Требования к подсистеме управления памятью. Фиксированное и динамическое распределение.
27. Система двойников. Страничная и сегментная организация памяти.

28. Адресация памяти, преобразование адресов (общая схема).
29. Методы ускорения преобразования адресов.
30. Виртуальная память: основные понятия, алгоритмы управления (кроме замещения).
31. Алгоритмы замещения.
32. Основные понятия файловых систем.
33. Реализация файловых систем: учёт свободных блоков и размещение файлов.
34. Реализация файловых систем: размещение каталогов.
35. Надёжность и производительность файловых систем, журнализация.
36. Файловые системы FAT, NTFS.
37. Файловые системы ext2, ext3, ext4.
38. Программные методы организации ввода/вывода.
39. Модели ввода/вывода.
40. Основные понятия безопасности.
41. Классификация угроз.
42. Вредоносное программное обеспечение и приёмы защиты.
43. Аутентификация.
44. Контроль доступа.
45. Надёжные системы.
46. Виды многопроцессорных систем, основные программные архитектуры.
47. Синхронизация и планирование в многопроцессорных системах.
48. Виртуализация: основные понятия, история, требования Попека и Гольдберга.
49. Типы виртуализации.
50. Архитектура Linux.
51. Управление процессами и памятью в Linux.
52. Архитектура и программные интерфейсы ОС семейства Windows.

Литература

1. Таненбаум Э. Современные операционные системы. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2007. — 1038 с. — (Серия «Классика computer science»).
2. Столлингс В. Операционные системы. — 4-е изд. — М.: Вильямс, 2004. — 848 с.
3. Дейтел Х.М., Дейтел П.Дж., Чофнес Д.Р. Операционные системы. Часть 1. Основы и принципы. — 3-е изд. — М.: Бином-Пресс, 2009. — 1024 с.
4. Бовет Д., Чезати М. Ядро Linux. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 1104 с.
5. Руссинович М., Соломон Д. Внутреннее устройство Microsoft Windows. — 4-е изд. — М.: Русская редакция, 2008. — 992 с.