

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»

Проректор по учебной и методической работе
«УТВЕРЖДАЮ»
Д.А. Зубцов

Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине: Основы виртуализации
по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Компьютерные технологии и интеллектуальный анализ данных
факультет: управления и прикладной математики
кафедра: теоретической и прикладной информатики
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

практические (семинарские) занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 6 час.

Всего часов: 36, всего зач. ед.: 1

Программу составили:

А.В. Костюшко

А.Л. Мелехова



Программа обсуждена на заседании кафедры

10 июля 2015 г.

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета управления и прикладной математики

Начальник учебного управления

А.А. Шананин

И.Р. Гарайшина

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение понятия "виртуальные машины"

Задачи дисциплины

- получение студентами базовых знаний в области виртуализации, технологий виртуализации;
- создание своей виртуальной машины;
- приобретение практических навыков в создании приложений;
- освоение студентами средств для совместной проектной работы.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы

Дисциплина «Основы виртуализации» базируется на дисциплинах:

Информатика.

Дисциплина «Основы виртуализации» предшествует изучению дисциплин:

Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2);

способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4);

способность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3);

способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия курса "Основы виртуализации";
- язык программирования C;
- современные проблемы математики и информатики.

уметь:

- работать в команде;
- создать свою виртуальную машину;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных технологических задач;
- самостоятельно разбираться в работе закрытых частей на основании документации;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- эффективно использовать информационные технологии и ком-пьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и сети Интернет;
- культурой постановки и моделирования задач информатики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Виртуальные машины			15		3
2	Контейнеры			15		3
Итого часов				30		6
Подготовка к экзамену		0 час.				
Общая трудоёмкость		36 час., 1 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Виртуальные машины

1.1. Понятие виртуализации. Задачи (виртуализация памяти, планировщик, vrn и далее); понятие "виртуальной машины". Виды виртуальных машин (уровня приложения, уровня системы, контейнеры)

Технологии виртуализации (эмуляция, паравиртуализация, рекомпиляция, аппаратная поддержка, изоляция)

1.2. История виртуальных машин уровня системы: век OS/370, эмуляторы, виртуализация на Интеле. Основные компоненты виртуальной машины

Пишем свою виртуальную машину, с чего начать, как реализовать (эмулятор, эмуляция устройств, депривелегирование гостя и непосредственное (native) исполнение, гостевой инструментарий (tools); взаимодействие компонент)

1. 3. Виртуализация процессора (декодер, опасные/безопасные инструкции, vmexit-ы, hypercall вместо инструкций). Виртуализация прерываний (виды пребывания: гостевые/хостовые/мониторные, APIC/IDT, VT-d). Виртуализация таймеров

1. 4. Бинарная трансляция (рекомпиляция): разбор, защита данных, оптимизации, применение (виртуальные машины, memory access instrumentation, NativeClient и аналоги)

1.5. Виртуализация физической памяти (GPA -> HPA): какие компоненты используют гостевую память, наивная организация гостевой памяти, компрессия. Технологии распределения ресурсов с взаимным наложением - overcommitment (balloon, content-based sharing, reclamation algorithms)

1. 6. Виртуализация страничного преобразования (shadow paging, линейное пространство монитора, RVI/NPT). Виртуализация видео

- 1.7. Виртуализация устройств: жесткого диска, сети, usb. Наивные реализации и некоторые из возможных оптимизаций.
- 1.8. Улучшение производительности виртуальной машины. Безопасность и надежность
- 1.9. Популярны свойства виртуальных машин: suspend/resume/snapshotting, migration
Менеджмент ресурсов: квота на память, квота на процессор
- 1.10. Облачные вычисления: overload (миграция, network memory), виртуализация НРС

2. Контейнеры

2.1 Понятие OS-level виртуализации разделяемого ядра (контейнеры). История (Solaris Zones, PVCfL, PVCfW), задачи.

Обзор архитектуры: компоненты режима ядра, управляющий сервис, утилиты командной строки.

2.2. Краткий обзор терминального сервера. Краткий обзор архитектуры Windows.

2.3. Подзадачи виртуализации: контекст контейнера и ContainerID, блокирование, трансляция, репликация глобальных свойств, виртуализация исполняемых модулей режима ядра.

Подзадачи изоляции: Object Manager, Registry, изоляция процессов и сессий (часть полного списка)

2.4. Подзадачи контроля и планирования: дисковая квота, квоты виртуальной памяти и рабочего набора, квоты числа процессов и нитей, иерархический двухуровневый планировщик CPU, network traffic shaper, resource tracking для драйверов режима ядра

2.5. Подсистемы и их виртуализация: user-mode replication system (Session Leader и системные процессы), container storage system (виртуальный диск vzdisk, файловая система vzfs), container network system (виртуальный адаптер, виртуальный мост), кластер из контейнеров, vzscsi, device forwarding.

Основные принципы реализации: расширение функциональности (драйвера-фильтры и callbacks), патчи и хуки (бинарная модификация для расширения функциональности), фильтрация аргументов, репликация глобальных переменных ит.п.

2.6. Обзор PVCfL (особенности реализации и отличия от PVCfW). Контроль I/O ресурсов. LiveMigration.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, маркерная доска, связь с Интернетом).

Необходимое программное обеспечение: текстовый редактор.

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Таненбаум Э. «Современные операционные системы» - Санкт-Петербург, Издательский дом «Питер», 2002
2. Руссинович М., Соломон Д. «Внутренне устройство Microsoft Windows: Windows Server 2003, Windows XP и Windows 2000. Мастер-класс.» - 4-е изд. – М.: Издательско-торговый дом «Русская редакция»; СПб.: Питер; 2005

Дополнительная литература

1. J Smith, R Nair "Virtual machines", Morgan Kaufmann, 2005, ISBN 1-55860-910-5
3. Ian Pratt et al "Xen and the art of virtualization"
<http://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/netos/papers/2003-xensosp.pdf>
4. M. Rosenblum, T Garfinkel "Virtual machine monitors:current technologies and future trends"
<http://www.stanford.edu/~talg/papers/COMPUTER05/virtual-future-computer05.pdf>
5. Peter M. Chen and Brian D. Noble, «When Virtual Is Better Than Real»
When Virtual Is Better Than Real
6. Denning, P.J, “Virtual memory”- ACM, 1970
7. Roy A, Hand S, Harris T, "Hybrid binary rewriting for memory access instrumentation", VEE'11
8. Bernard Tritsch “Microsoft Windows Server 2003 Terminal Services”, Microsoft Press, 2003, ISBN 0-7356-1904-2
9. Lambert M. Timpledon, Miriam T. Marseken, Susan F. Surhome “OpenVz”, Betascript Publishing, 2010, ISBN 5-1310-2348-4

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. А. Тормасов «Виртуализация операционных систем» <http://www.osp.ru/os/2002/01/180946/>
2. А. Тормасов «Современная виртуализация»
<http://www.osp.ru/os/2007/02/4108084/>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. virtualization.nfo
2. <http://www.chromium.org/nativeclient>
3. "VirtualBox user manual" <http://www.virtualbox.org/manual/UserManual.html>
4. "vmware architecture" http://www.vmware.com/files/pdf/ESXServer3i_architecture.pdf
5. <http://www.parallels.com/products/pvcl/resources/docs/>:
 - PVCfL Installation Guide
 - PVCfL User Guide
6. http://www.parallels.com/products/pvc/info/windows/details/#Installation_Guide_PVC
 - PVCfW Installation Guide
 - PVCfW User Guide
 - PVCfW Reference Guide
 - PVCfW Templates Management Guide

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Используются электронные учебники.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- выполнение лабораторных работ, для осознание связей между теорией и практическими навыками;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

Задачи по курсу

1. Найти 10 VM использующих бинарную трансляцию\рекомпиляцию
2. Какие технологии виртуализации используются в vbox-e. Как происходит выбор технологии
3. Какие инструкции являются опасными для виртуальных машин на Intel. Какие инструкции являются опасными для native client-a
4. Какие техники overcommitment-a применяются в XEN
5. В госте исполняется `mov eax, [ebx]` - опишите всевозможные развития ситуации с точки зрения VM
6. Какие средства для оптимизации работы с видео используются в vbox-e?
7. Какие средства для оптимизации работы с жестким диском используются в vbox-e?
8. Поиск уязвимостей в vbox-e
9. Написать скрипт под `prlctl/prlsvctl` для одного из use-case-ов распределения ресурсов (гетто, щедрый провайдер), добавить проверки на выполнение условий
10. Использование терминального сервера. Создание удаленного подключения. □ Использование терминального сервера для подключения к контейнеру.
11. Утилита `vzctl`. Создание, старт и остановка контейнера. □ `Vzctl exec` для исполнения команд внутри контейнера. Миграция контейнера между физическими серверами.
12. Просмотр состояния системы с помощью утилит TaskManager, Process Explorer, WinObj, Regedit. Вид дерева объектов и реестра, списки процессов, номера сессий в контейнере и в основной системе.
13. Проверка изоляции и виртуализации контейнеров.
14. Контроль ресурсов: Счетчики производительности и работа с параметрами планировщика CPU. Проверка контроля ресурсов с помощью утилиты `crueater`.
15. Монтирование диска (`vzdskctl`). Проброс `usb flash drive` внутрь контейнера.
16. Отладчик WinDbg, список измененных функций системы. Для предложенных 3-4 функций ядра прочитать их краткое описание и объяснить, для каких именно целей их поведение было модифицировано.
17. Создание, запуск контейнера `PVCfL` и его живая миграция.

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению:	Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и интеллектуальный анализ данных
факультет:	управления и прикладной математики
кафедра (название):	теоретической и прикладной информатики
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.В. Костюшко

А.Л. Мелехова

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

- способность применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности (ОПК-2);
- способность применять полученные знания для анализа систем, процессов и методов (ОПК-4);
- способность выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области (ПК-3);
- способность критически оценивать применимость применяемых методик и методов (ПК-4).

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы виртуализации» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия курса "Основы виртуализации";
- язык программирования С;
- современные проблемы математики и информатики.

уметь:

- работать в команде;
- создать свою виртуальную машину;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных технологических задач;
- самостоятельно разбираться в работе закрытых частей на основании документации;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- эффективно использовать информационные технологии и ком-пьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и сети Интернет;
- культурой постановки и моделирования задач информатики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы виртуализации» осуществляется в форме экзамена (зачета). Экзамен (зачет) проводится в письменной (устной) форме.

Контрольно-измерительные материалы:

1. Понятие виртуализации. Задачи (виртуализация памяти, планировщик, vrn и далее); понятие "виртуальной машины". Виды виртуальных машин (уровня приложения, уровня системы, контейнеры)
2. Технологии виртуализации (эмуляция, паравиртуализация, рекомпиляция, аппаратная поддержка, изоляция)
3. История виртуальных машин уровня системы: век OS/370, эмуляторы, виртуализация на Интеле. Основные компоненты виртуальной машины
4. Пишем свою виртуальную машину, с чего начать, как реализовать (эмулятор, эмуляция устройств, депривелегирование гостя и непосредственное (native) исполнение, гостевой инструментарий (tools); взаимодействие компонент)

5. Виртуализация процессора (декодер, опасные/безопасные инструкции, vmexit-ы, hypercall вместо инструкций). Виртуализация прерываний (виды пребывания: гостевые/хостовые/мониторные, APIC/IDT, VT-d). Виртуализация таймеров
6. Бинарная трансляция (рекомпиляция): разбор, защита данных, оптимизации, применение (виртуальные машины, memory access instrumentation, NativeClient и аналоги)
7. Виртуализация физической памяти (GPA -> HPA): какие компоненты используют гостевую память, наивная организация гостевой памяти, компрессия. Технологии распределения ресурсов с взаимным наложением - overcommitment (balloon, content-based sharing, reclamation algorithms)
8. Виртуализация страничного преобразования (shadow paging, линейное пространство монитора, RVI/NPT). Виртуализация видео
9. Виртуализация устройств: жесткого диска, сети, usb. Наивные реализации и некоторые из возможных оптимизаций.
10. Улучшение производительности виртуальной машины. Безопасность и надежность
11. Популярные свойства виртуальных машин: suspend/resume/snapshotting, migration
12. Менеджмент ресурсов: квота на память, квота на процессор
13. Облачные вычисления: overload (миграция, network memory), виртуализация HPC
14. Понятие OS-level виртуализации разделяемого ядра (контейнеры). История (Solaris Zones, PVCfL, PVCfW), задачи.
15. Обзор архитектуры: компоненты режима ядра, управляющий сервис, утилиты командной строки.
16. Краткий обзор терминального сервера. Краткий обзор архитектуры Windows.
17. Подзадачи виртуализации: контекст контейнера и ContainerID, блокирование, трансляция, репликация глобальных свойств, виртуализация исполняемых модулей режима ядра.
18. Подзадачи изоляции: Object Manager, Registry, изоляция процессов и сессий (часть полного списка)
19. Подзадачи контроля и планирования: дисковая квота, квоты виртуальной памяти и рабочего набора, квоты числа процессов и нитей, иерархический двухуровневый планировщик CPU, network traffic shaper, resource tracking для драйверов режима ядра
20. Подсистемы и их виртуализация: user-mode replication system (Session Leader и системные процессы), container storage system (виртуальный диск vzdisk, файловая система vzfs), container network system (виртуальный адаптер, виртуальный мост), кластер из контейнеров, vzscsi, device forwarding.
21. Основные принципы реализации: расширение функциональности (драйвера-фильтры и callbacks), патчи и хуки (бинарная модификация для расширения функциональности), фильтрация аргументов, репликация глобальных переменных ит.п.
22. Обзор PVCfL (особенности реализации и отличия от PVCfW). Контроль I/O ресурсов. LiveMigration.

4. Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.