

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы магистратуры
по направлению подготовки
09.04.01 Информатика и вычислительная техника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Высокопроизводительные вычислительные системы

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Компьютерные сети и технологии

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 4196
Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис
Владимирович
Дата: 21.05.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины являются:

- изучение студентами теории и практики основ архитектуры построения отечественных вычислительных комплексов и систем серии «Эльбрус», их общего программного обеспечения, основам разработки прикладного программного обеспечения параллельной обработкой данных.

Задачами дисциплины являются:

- формирование навыков анализировать архитектуру построения современных вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и анализировать направления развития архитектуры отечественных средств вычислительной техники и информационных технологий;
- овладение основными методами создания многопроцессных и многопоточных программ с использованием прикладных программных интерфейсов (OpenMP, MPICH, PVM, Pthreads, libC) для организации параллельных и распределенных высокопроизводительных вычислений в ОС Debian и ОС «Эльбрус»;
- овладение способами применять технологий виртуализации на основе LXC-контейнеров, KVM в среде ОС Debian и ОС «Эльбрус»;
- овладение основными методами управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-6 - Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования;

ПК-2 - Способность проектировать системы с параллельной обработкой данных, высокопроизводительные системы и их компоненты.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- принципы построения и функционирования вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и вычислительных систем на их основе;
- принципы разработки на языках программирования C/C++ эффективных прикладных многопроцессных и многопоточных программ под архитектуру «Эльбрус», их отладки и профилирования;

- основные направления развития архитектуры средств вычислительной техники и информационных технологий.

Уметь:

- осуществлять сбор исходных данных, проводить анализ алгоритмов обработки данных с целью разработки эффективных программ высокопроизводительных вычислений для вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и систем на их основе;

- применять основные методы создания многопроцессных и многопоточных программ с использованием прикладных программных интерфейсов (OpenMP, MPICH, PVM, Pthreads, libC) в среде ОС Debian и ОС «Эльбрус».

Владеть:

- навыками установки общего и прикладного программного обеспечения;

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

- навыками разработки программ для решения прикладных задач с использованием высокопроизводительных систем в соответствии с техническим заданием с использованием;

- навыками составления отчета по выполненному заданию, участия во внедрении результатов исследований и разработок;

- навыками разработки документации с учетом требований стандартизации;

- разработки алгоритмов решения проблемной ситуации и проведения выбора рационального решения из множества альтернативных.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №1
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64

В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 152 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Введение. Основные направления развития архитектуры отечественных средств вычислительной техники и информационных технологий Рассматриваются вопросы: - основные принципы построения архитектуры современных вычислительных комплексов и высокопроизводительных систем; - обзор способов создания многопроцессорных, многомашинных вычислительных комплексов и систем (с использованием многопроцессных и многопоточных программ с использованием прикладных программных интерфейсов (OpenMP, MPICH, PVM, Pthreads, libC) для организации параллельных и распределенных высокопроизводительных вычислений в ОС Debian); - связь с другими дисциплинами.
2	Компьютерная архитектура и классы компьютеров. Параллельные алгоритмы Рассматриваются вопросы: - фундаментальные концепции в параллельных вычислениях. - источник параллелизма в программах; - теория аффинных преобразований; - пространства итераций.
3	Параллельные алгоритмы. Показатели эффективности параллельных алгоритмов Рассматриваются вопросы: - модель вычислений в виде графа «Операции-операнды»; - описание схемы параллельного выполнения алгоритма; - определение времени выполнения параллельного алгоритма; - показатели производительности ЭВМ. Проблемы производительности многопроцессорных систем;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- ускорение, получаемое при использовании параллельного алгоритма; - закон Амдала; - эффективность использования параллельным алгоритмом процессоров при решении вычислительной задачи.
4	Основы программирования распределенных и параллельных вычислений Рассматриваются вопросы: - сомнения о возможности широкого практического применения параллельных вычислений; - этапы разработки параллельных программ; - способы распараллеливания программ; - программные интерфейсы для создания многопоточных приложений в вычислительных системах с разделяемой (общей) памятью; - программные интерфейсы для создания многопроцессных приложений в вычислительных системах с распределенной памятью.
5	Архитектура и характеристика вычислительных комплексов серии «Эльбрус». Общие сведения об архитектуре вычислительных комплексов семейства «Эльбрус» Рассматриваются вопросы: - вычислительные комплексы «Эльбрус-804», «Эльбрус-801РС»; - анализ структуры, характеристик, функциональных возможностей вычислительных комплексов и областей их применения.
6	Вычислительные комплексы «Эльбрус-401РС», «Эльбрус-801РС» и Рассматриваются вопросы: - состав, структура, характеристики, функциональные возможности вычислительных комплексов и областей их применения, а также состав и содержание эксплуатационной документации на вычислительные комплексы «Эльбрус-801РС» и «Эльбрус 804»; - выполняется установка операционной системы на вычислительные комплексы; - состав и функциональные характеристики ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux» (релизы «Ленинград»), выполняется установка операционных систем на вычислительный комплекс «Эльбрус-801РС».
7	Операционная системы «Эльбрус» и «Astra Linux». Назначение, функции, состав и основные характеристики Рассматриваются вопросы: - архитектура, назначение и основные характеристики операционной системы «Эльбрус»; - состав общего программного обеспечения «Эльбрус»; - терминал и командная строка, учетные записи пользователей, файловая система, права доступа к объектам файлов системы, работа в сети; - операционная система «Astra Linux». Назначение, функции, состав и основные характеристики; - терминал и командная строка, учетные записи пользователей, файловая система, права доступа к объектам файлов системы, работа в сети; - основные требования по обеспечению защиты информации от НСД и механизмы их реализации (дискреционная и мандатная модели разграничения доступа субъектов к объектам).
8	Системные вызовы ядра операционной системы Рассматриваются вопросы: - API-интерфейсы стандарта POSIX и системные вызовы; - интерфейс системных вызовов ядра операционной системы; - обработчик системного вызова и служебные процедуры; - передача параметров; - интерфейсные процедуры ядра операционной системы.
9	Операционная системы «Эльбрус» и «Astra Linux». Принципы организации вычислительного процесса в многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексах, и системах Рассматриваются вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- операционные системы «Эльбрус» и «Astra Linux». Средства разработки и отладки программ; - назначение, состав и функции системы программирования, средства разработки, отладки, профилирования, обращение к программам, контроль правильности их выполнения; - принципы организации вычислительного процесса в многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексах, и системах; - технологии и средства организации вычислительного процесса; - назначение, состав и функции системы программирования, средства разработки, отладки, профилирования, обращение к программам, контроль правильности их выполнения, правила написания makefile.
10	Программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем. Программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем. Программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти. Рассматриваемые вопросы: - программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем; - программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти; - программно-аппаратные средства обеспечения создания высокопроизводительных вычислительных комплексов; - прикладной программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня потоков.
11	Программные средства создания параллельных многопроцессных программ Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных многопроцессных программ; - прикладные программные интерфейсы libC для создания многопроцессных параллельных программ в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня процессов.
12	Программные средства создания параллельных многопоточных программ Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных многопоточных программ; - прикладные программные интерфейсы Pthreads для создания многопоточных параллельных программ в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня потоков.
13	Программные средства создания параллельных многопроцессных программ Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных многопроцессных программ; - прикладные программные интерфейсы MPICH2 для создания многопроцессных параллельных программ на общей и распределенной памяти в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня процессов.
14	Программные средства создания параллельных виртуальных машин Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных виртуальных машин; - прикладной программный интерфейс PVM (Parallel Virtual Machine, параллельная виртуальная машина) для реализации модели распределенных вычислений в среде операционной системы ОС Debian.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
15	Технологии виртуализации. Контейнеризация на основе LXC-контейнеров Рассматриваемые вопросы: - установка и настройка LXC-контейнеров, программные решения их на основе в операционной системе Debian.
16	Виртуализация на основе KVM (Kernel-based Virtual Machine) Рассматриваемые вопросы: - установка и настройка средств виртуализации на основе KVM (Kernel-based Virtual Machine); - программные решения на основе KVM (Kernel-based Virtual Machine), обеспечивающие виртуализацию в среде ОС Debian и «Astra Linux».

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Основы работы в командной оболочке ОС «Эльбрус»/ ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки по разработке сценариев на языке интерпретатора Borne shell. Программа должна позволять: - Осуществлять вывод информации об архитектуре, количестве процессоров и их характеристиках, объеме оперативной памяти, версии ядра операционной системы, а также версии установленного компилятора для языков программирования C/C++.
2	Разработка сценария на языке интерпретатора Borne shell В результате выполнения работы студент получит навыки по разработке сценария на языке интерпретатора Borne shell, выполняющего настройку IP-адреса и маски подсети для доступных сетевых интерфейсов ВК «Эльбрус-801PC». Значения параметров настройки сетевых интерфейсов должны задаваться через конфигурационный файл. Программа должна иметь функции проверки наличия конфигурационного файла и доступных сетевых интерфейсов. По завершению настройки сетевых интерфейсов, в зависимости от результата работы, программа должна выводить сообщение в виде строки сообщения: «Успех» или «Ошибка».
3	Основы работы с файловыми системами в ОС «Эльбрус»/ ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки разработки сценария на языке интерпретатора Borne shell, осуществляющего создание файловой системы, её монтирование, манипуляции с фалами и их содержимым.
4	Основы работы в командной оболочке ОС «Эльбрус»/ ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки разработки сценария на языке интерпретатора Borne shell, осуществляющего мониторинг доступа к объектам файловой системы при помощи интерфейса inotify. Список контролируемых объектов файловой системы должен содержаться в конфигурационном файле и считываться программой мониторинга при запуске. Каждая строка конфигурационного файла должна содержать один файловый объект. Контроль должен возникать при модификации, изменении атрибутов, удалении, перемещении контролируемых файловых объектов.
5	Основы работы с архивными файлами ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки разработки сценария на языке интерпретатора Borne shell, осуществляющего автоматическую распаковку многоуровневых архивных файлов типа "*.tgz", "*.tar", "*.gz", "*.bz2", "*.bz", "*.tbz2", "*.tbz", "*.bzip2", "*.zip", "*.Z", "*.txz" .

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
6	Установка ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки разработки по установке ОС «Astra Linux».
7	Установка ОС «Эльбрус» В результате выполнения работы студент получит навыки разработки по установке ОС «Эльбрус»
8	Системные вызовы ядра операционной системы. Список поддерживаемых системных вызовов в ОС В результате выполнения работы студент получит навыки по получению трассы системный вызовом при выполнении прикладной программы.
9	Системные вызовы ядра операционной системы. Средства тестирования системных вызовов в ОС В результате выполнения работы студент получит навыки по тестированию системных вызовов в ОС.
10	Параллельное программирование на OpenMP В результате выполнения работы студент получит навыки по созданию параллельной многопоточной программы умножения больших матриц на языке C/C++ при помощи технологии автоматического распараллеливания OpenMP в ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux».
11	Параллельное программирование с использование библиотеки libC (syscall: fork(), clone()) В результате выполнения работы студент получит навыки по обеспечению синхронизации, работе с общей памятью и каналами межпроцессного взаимодействия в ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux».
12	Многопоточные приложения в ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux». Интерфейсная библиотека API-функций Pthreads В результате выполнения работы студент получит навыки по написанию программы на языке C++ с использование библиотеки libpthread, позволяющую запускать в многопоточном режиме процедуру произведения матриц.
13	Организация распределенных вычислений с использованием библиотеки mpich2 в ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки по написанию программы на языке C/C++ с использование библиотеки mpich2, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием, оцените полученные результаты.
14	Организация распределенных вычислений с использованием параллельной виртуальной машины PVM в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») В результате выполнения работы студент получит навыки по написанию программы на языке C/C++ с использование библиотеки libpvm3, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием, оцените полученные результаты.
15	Создание и работа в LXC-контейнере в ОС Debian В результате выполнения работы студент получит навыки по созданию и работе в LXC-контейнере в ОС Debian
16	Создание программных решений на основе KVM в ОС Astra Linux В результате выполнения работы студент получит навыки по созданию программных решений на основе KVM в ОС Astra Linux

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение основ программирования на языке интерпретатора Borne shell
2	Изучение основ параллельного программирования на языках C/C++ в среде операционной системы Debian версий 9, 10
3	Подготовка к лабораторным работам
4	Изучение учебной литературы из приведенных источников
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/ п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Нейман-заде М., Королёв С. Руководство по эффективному программированию на платформе «Эльбрус» М.: АО МЦСТ – 2020	http://www.mcst.ru/files/5ed39a/dd0cd8/50506b/000000/elbrus_prog_2020-05-30.pdf (дата обращения: 10.04.2024)
2	Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». – СПб.: Питер, 2013	http://www.mcst.ru/doc/book_121130.pdf?ysclid=lut9sgc5u0202478669 (дата обращения: 10.04.2024)
3	Хеннеси Д.Л., Паттерсон Д.А. Компьютерная архитектура. Количественный подход. Издание 5-е. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016- 936 с. : ил. - (Мир	научно-техническая библиотека МИИТ(дата обращения 04.10.2024)полочный шифр004 X 38 Текст : непосредственный.10 экз.

	радиоэлектроники). - Библиогр.: с. 839-868. - 1500 экз. - ISBN 978-5- 94836-413-1	
4	Операционные системы Astra Linux. Справочный центр	https://wiki.astralinux.ru/?ysclid=luta22mptp223657256 (дата обращения: 10.04.2024)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Разделы «Главное», «Наука и образование», «Публикации» на сайте «МЦСТ «Эльбрус». Российские микропроцессоры и вычислительные комплексы», <http://www.mcst.ru>
- Интернет-университет информационных технологий <http://www.intuit.ru/>
- Тематический форум по информационным технологиям <http://habrahabr.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Дистрибутив ОС «Эльбрус-Linux» в составе комплекта поставки ВК «Эльбрус-801РС», ВК «Эльбрус-804»
2. Дистрибутив ОС Debian версии 9, 10

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

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций.

Проектор для вывода изображения на экран, акустическая система, место для преподавателя оснащенное компьютером.

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 1 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры
«Вычислительные системы, сети и
информационная безопасность»

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова