

Проект комиссии Президента
по модернизации и технологическому развитию экономики России
«Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров
в области суперкомпьютерных технологий и
специализированного программного обеспечения»

УТВЕРЖДАЮ
Председатель экспертного совета
системы НОЦ СКТ, член-корр. РАН
В.В. Воеводин

" ____ " _____ 201__ г.

Программа дисциплины

«ОСНОВЫ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ»

«230400.62 - Информационные системы и технологии»

«231000.62 - Прикладная инженерия

«090900.62 - Информационная безопасность»

Разработчик: доцент, к.ф.-м.н. Нефедев К.В.

Рецензент:

Москва

Учебно-методический план курса лекций и практических занятий по дисциплине

«ОСНОВЫ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ» НЕФЕДЕВ К.В.

1. Аннотация курса

Данный курс ориентирован на получение базовых знаний в области вычислительных процессов и систем в течение одного семестра. С необходимостью предполагается, что слушатели уже имеют базовую подготовку в области программирования, архитектуры компьютеров и вычислительных методов. Курс состоит из трех взаимосвязанных частей: основы технологий параллельного программирования, анализа структуры программ и алгоритмов, методы оптимизации программ. В процессе практических занятий студенты должны не только получить представления о парадигме параллельного программирования, но и закрепить их на практических занятиях. Практические занятия предполагают создание параллельных программ ЭВМ, тестирование, отладку и оптимизацию, как с помощью ключей, так и в процессе анализа алгоритмов, использования ассемблерных вставок, замены сложных математических операций простыми арифметическими операциями, замены неоптимизированных библиотечных функций авторским кодом. Автор программы к.ф.-м.н. Нефедев К.В. При чтении лекций используются компьютерные презентации.

2. Место дисциплины в учебном плане.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- Знать возможности среды разработки параллельных программ.
- Знать синтаксис языка параллельного программирования.
- Знать способы и средства отладки и оптимизации программ.
- Уметь проектировать и создавать параллельные приложения;
- Уметь пользоваться средствами оптимизации кода.

3. Содержание дисциплины.

Перечень разделов курса (в том числе перечень тем практических занятий).

Программа учебного курса содержит три раздела. Первый раздел посвящен ознакомлению со средой разработки параллельных программ ЭВМ, компиляторами и редакторами. Приводятся краткие сведения о способах достижения параллелизма при исполнении кода программ. Кратко рассмотрены основные архитектуры параллельных вычислителей.

Второй раздел посвящен методам параллельного программирования и знакомству с библиотекой MPI. Рассматриваются технология программирования MPI, функции и типы данных. Прием передача сообщений между параллельными процессами. Подробно разбираются примеры взаимодействия между процессами. Группы, коммутаторы, неблокирующие операции передачи сообщений, коллективные коммуникации. Разбираются модели программирования, сложные типы данных MPI, топологии, динамическое управление процессами.

В третьем разделе представлены математические проблемы параллельного программирования. Дается представление об анализе информационных зависимостей, методах оптимизации программ, анализе эффективности алгоритмов. Приводятся сведения о масштабировании и распределения задач по процессорам.

Практические занятия для изучения данной дисциплины предполагают, что студент, уже имеет навыки однопоточного программирования. Обучающийся лично проектирует, производит анализ алгоритма и разработку кода консольного приложения по указанной тематике. Результатом каждого практического занятия должен быть MPI функциональный, не содержащий ошибок и предупреждений, оптимизированный C++ код. К зачетному занятию все коды программ, вместе с исполняемыми файлами должны быть представлены преподавателю для рассмотрения и оценки.

4. Перечень разделов курса.

Введение. Краткие сведения об операционной системе UNIX. Разработка программ ЭВМ. Компиляция. Редакторы

Параллелизм и его использование. Сведения об имеющихся архитектурах вычислителей. Технологии построения суперкомпьютеров. Кластерные технологии. Классификация параллельных вычислителей.

Технология MPI. Функции MPI. Типы данных. Исполнение кода. Прием/передача сообщений между отдельными процессами. Взаимодействующие вычислительные процессы в технологии MPI. Синхронизация процессов. Работа с группами процессов. Технологии параллельного программирования.

Модели программирования. Коммуникации «точка-точка». Неблокирующие операции передачи сообщений. Коллективные коммуникации. Группы, контексты, коммутаторы и топологии. Интеркоммутаторы. Сложные типы данных в MPI. Односторонние коммуникации. Динамическое управление процессами. Математические проблемы параллельных вычислений. Ошибки округления.

Информационная структура алгоритмов. Анализ эффективности параллельных алгоритмов. Выделение информационных зависимостей. Масштабирование и распределение задач по процессорам. Анализ эффективности параллельных вычислений. Оптимизация программ. Анализ зависимостей. Типы зависимостей. Системные проблемы.

Разработка алгоритмов и производство кода. Алгоритм решения систем линейных алгебраических уравнений с квадратной невырожденной матрицей методом Гаусса с использованием языка Си++ и функций MPI. Разработка и реализация на языке параллельного программирования алгоритма для оценки производительности однопроцессорного ПК и многоядерной архитектуры, состоящей из нескольких узлов. Разработка алгоритма и реализация его в виде С++ кода для подсчета среди чисел заданной значности, чисел с максимальной устойчивостью. Разработка параллельной программы ЭВМ для поиска k-той порядковой статистики в массиве за линейное время. Разработка параллельной программы ЭВМ для поиска k-той порядковой статистики в массиве за линейное время. Разработка параллельной программы ЭВМ для сортировки массива вещественных чисел с повторениями элементов. Разработка программы ЭВМ умножения матриц в топологии «двумерная решетка» с использованием типов данных для столбца и минора матрицы. Разработка алгоритма решения систем линейных алгебраических уравнений с квадратной невырожденной матрицей методом Гаусса с использованием языка Си++ и функций MPI с использованием односторонних коммуникаций. Разработка параллельной программы ЭВМ расчета площади круга методом Монте-Карло.

Оценка производительности системы. Оптимизация алгоритмов. Параллельный счет при условии, что число запущенных процессов больше чем число вычислительных ядер. Создание коммунитаторов, в которые входят процессы с четными и нечетными рангами, соответственно, и создать интеркоммунитатор между ними, демонстрация их работы на каком-либо простом примере. Работа со скрипами, bat файлами и заданиями в очереди. Экспериментальная оценка программного и аппаратного ускорения системы и вычисление доли параллельных инструкций для программы ЭВМ для решения СЛАУ. Экспериментальная оценка программного и аппаратного ускорения системы и вычисление доли параллельных инструкций для задачи подсчета среди чисел заданной значности, чисел с максимальной устойчивостью. Экспериментальная оценка программного и аппаратного ускорения системы и вычисление части параллельных инструкций для задачи поиска k-той порядковой статистики в массиве за линейное время. Экспериментальная оценка программного и аппаратного ускорения системы и вычисление части параллельных инструкций по закону Амдала для умножения матриц в топологии «двумерная решетка» с использованием типов данных для столбца и минора матрицы.

Разработка альтернативных параллельных вычислительных алгоритмов. Решение одной из задач данного курса. Сравнение производительности, эффективности и оптимизации. Масштабирование параллельного высокопроизводительного численного алгоритма.

Самостоятельная работа студентов. Знакомство с рекомендуемой литературой по данному курсу. Разработка алгоритмов по предложенным темам практических занятий. Работа по производству кода на удаленном вычислительном кластере.

5. Тематический план курса.

Распределение часов курса по темам и видам работ представлено в таблице 1

Таблица 1

№ п/п	Наименование тем и разделов	Всего (часов)	Лекции (часов)	Практика (часов)
1.	Введение	4	2	2
2.	Операционной системе UNIX. Разработка программ ЭВМ. Компиляция. Редакторы. Параллелизм и его использование.	4	2	2
3.	Технология MPI. Функции MPI. Типы данных. Исполнение кода.	4	2	2
4.	Прием/передача сообщений между отдельными процессами.	4	2	2
5.	Взаимодействующие вычислительные процессы в технологии MPI.	4	2	2
6.	Синхронизация процессов. Работа с группами процессов.	4	2	2
7.	Технологии параллельного программирования.	4	2	2
8.	Модели программирования. Коммуникации «точка-точка». Неблокирующие операции передачи сообщений.	4	2	2

	Коллективные коммуникации.			
9.	Группы, контексты, коммуникаторы и топологии. Интеркоммуникаторы.	4	2	2
10.	Сложные типы данных в MPI. Односторонние коммуникации. Динамическое управление процессами	4	2	2
11.	Анализ информационной структуры алгоритмов.	4	2	2
12.	Анализ информационной структуры алгоритмов.	4	2	2
13.	Анализ эффективности параллельных алгоритмов. Выделение информационных зависимостей.	4	2	2
14.	Масштабирование и распределение задач по процессорам.	4	2	2
15.	Анализ эффективности параллельных вычислений	4	2	2
16.	Анализ зависимостей. Типы зависимостей.	4	2	2
17.	Оптимизация программ.	4	2	2
ИТОГО:		34	34	34

6. Литература и Web-источники

7.

1. Ершов, А.П. Вычислимость в произвольных областях и базисах/ Семиотика и информатика: Вып.19, -1982. – С.3.
2. Мальцев, А.И. Алгоритмы и рекурсивные функции/ Наука: -1986. – 183 С.
3. Роджерс Х. Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость/ М.: Мир, -1972. - 624 С.

4. Успенский, В.А. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения/ Семенов А.Л., Наука, -1987. - 288 С.
5. Вальковский, В.А. Синтез параллельных программ и систем на вычислительных моделях/ Малышкин В.Э. Наука, Изд.: Сибирское отделение, -1988. -128 С.
6. Котов, В. Сети Петри/ Наука, -1984. -160 С.
7. Ачасова С.М. Корректность параллельных вычислительных процессов/ О.Л.Бандман, Наука, -1990. -252 С.
8. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем/ М.: Мир, -1984, - 264 С.
9. Хоар, Ч. Взаимодействующие последовательные процессы/ М.: Мир, -1989. -264 С.
10. Анисимов, В. Программирование распределенных вычислительных систем. Системная информатика/ Вып. 3, Наука, -1993. с. 210-247.
11. Сачков, В.Н. Комбинаторные методы дискретной математики/ Наука, -1977. - 317 С.
12. Пападимитриу, Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность/ К.Стайглиц., М.: Мир, -1985. – 512 С.
13. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи/ Д. Джонсон. М.: Мир, -1982. - 416 С.
14. Березин, Ю.А. Метод частиц в разреженной плазме/ В.А.Вшивков, Наука, Новосибирск. -1980. - 95 С.
15. Корнеев, В.В. Современные микропроцессоры/ Киселев А., 3-е Изд. Санк-Петербург, БХВ-Петербург. -2003.- 440 С.
16. Таненбаум Э. Архитектура компьютеров/ СПб.:Питер, -2002. -704 С.
17. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы/ М.: Москва, -1999. - 312 С.

18. Цилькер, Б. Я. Организация ЭВМ и сетей/ Орлов С.А., СПб.: Питер, -2004. -668 С.
19. Пятьсот самых мощных компьютеров мира [<http://www.top500.org>].
20. Корнеев, В.Д. Параллельное программирование в MPI/ – Новосибирск, ИВМ и МГ СО РАН, -2002. -215 С.
21. www.openmp.org
22. Воеводин, В.В. Параллельные вычисления/ БХВ – Петербург, -2002. – 609 С.
23. Эндрюс, Г.Р. Основы многопоточного параллельного и распределенного программирования/ –М.: Изд. Дом Вильямс, -2003. -506 С.

Список дополнительной литературы устанавливается кафедрой.