

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
«ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ДЛЯ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ»

«010400 -- Фундаментальная информатика
и информационные технологии»

Разработчики:

к.ф.м.н., доцент Попова Н.Н., к.ф.м.н., ассистент Бахтин В.А.

Рецензент:

д.ф.м.н., профессор Королев Л.Н.

Москва

Учебно-методический план курса лекций

«ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ» ПОПОВА Н.Н., БАХТИН В.А.

1. Аннотация курса

Данный курс является спецкурсом для студентов 3-5 курсов. Курс читается в первом семестре. В конце курса сдается экзамен. Отвечает за курс кафедра автоматизации систем вычислительных комплексов факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова. Авторы программы доцент Попова Н.Н. и ассистент В.А.Бахтин. Лекторы 2010/11 учебного года доцент Попова Н.Н. и ассистент Бахтин В.А. При чтении лекций используются компьютерные презентации.

2. Место дисциплины в учебном плане.

В результате изучения дисциплины студент должен:
знать основы архитектур высокопроизводительных вычислительных систем, технологии параллельного программирования MPI и OpenMP, модели параллельных вычислений, базовые параллельные алгоритмы и особенности их реализации на высокопроизводительных вычислительных системах, методы отладки и настройки эффективности параллельных программ с учетом
уметь разрабатывать параллельные программы для высокопроизводительных вычислительных систем, настраивать эффективность разрабатываемых параллельных программ с учетом особенностей целевых высокопроизводительных систем.
владеть средствами и технологиями разработки параллельных программ для высокопроизводительных вычислительных систем.

3. Содержание дисциплины.

Перечень разделов курса (в том числе перечень тем семинарских занятий, при наличии описание практикума, коллоквиума).

Спецкурс посвящен изучению и освоению на практике базовых технологий параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем. В первой части курса рассматриваются основы параллельных вычислений, методы построения архитектур современных высокопроизводительных вычислительных, технологии параллельного программирования MPI и OpenMP и особенности их реализации и использования для высокопроизводительных вычислительных систем. Особое внимание в спецкурсе уделяется проблемам эффективности параллельных программ. Изучаемые в рамках спецкурса темы демонстрируются рассмотрением примеров решения задач на высокопроизводительных вычислительных системах BlueGene/P и СКИФ МГУ. Экзамен по спецкурсу включает теоретическую часть и выполнение практического задания по разработке и исследованию эффективности конкретных алгоритмов.

4. Перечень разделов курса.

Введение.

Обзор проблематики высокопроизводительных параллельных вычислений. Цели и содержание спецкурса. Современные направления развития параллельных вычислительных систем. Принципы построения параллельных вычислительных систем с разделяемой и распределенной памятью. Многоядерные процессоры. Архитектура и программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем МГУ: BlueGene/P, СКИФ «Чебышев», «Ломоносов».

Основы параллельных вычислений.

Понятие о модели параллельных вычислений. Обзор базовых параллельных алгоритмов линейной алгебры, включая векторно-матричные операции (плотные и разреженные матрицы), решение систем линейных уравнений, параллельную сортировку данных. Методы оценки эффективности параллельных программ. Понятие эффективности параллельных программ, методы оценки эффективности, закон Амдала.

Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP.

OpenMP - модель параллелизма по управлению. Выполнение OpenMP-программы (Fork and Join Model). Модель памяти. Понятие консистентности памяти. Консистентность памяти в OpenMP (weak ordering). Классы переменных. Основные понятия: директивы и клаузы. Понятие структурного блока. Компиляция OpenMP-программы. Параллельная область. Понятие задачи. Конструкции распределения работы. Конструкции для синхронизации нитей. Система поддержки выполнения OpenMP-программ. Переменные окружения, управляющие выполнением OpenMP-программы. Наиболее часто встречаемые ошибки в OpenMP-программах. Функциональная отладка OpenMP-программ. Отладка эффективности OpenMP-программ. Использование OpenMP на кластере. Технология Intel Cluster OpenMP.

Основы параллельного программирования с использованием технологии MPI.

Принципы построения параллельных программ с использованием модели передачи сообщений. Стандарты MPI-1, MPI-2 и их реализации: MPICH, Lam MPI, OpenMPI. Основные понятия MPI: сообщение, коммуникатор, двусторонние и коллективные передачи, режимы передачи сообщений. Особенности трансляции и запуска MPI-программ в конкретных операционных средах. Организация двухсторонних взаимодействий в MPI. Основные функции MPI для поддержки двухсторонних передач сообщений. Понятие о коллективных операциях. Функции MPI поддержки коллективных операций. Реализация параллельных алгоритмов линейной алгебры с использованием двухсторонних и коллективных операций. Группировка данных для организации коммуникаций. Производные типы данных в MPI. Конструкторы производных типов. Упаковка данных. Примеры использования производных типов для реализации векторно-матричных операций. Операции над коммуникаторами. Виртуальные топологии. Примеры реализации параллельных программ с использованием базовых операций MPI.

Особенности реализации MPI для высокопроизводительной системы BlueGene/P. Особенности реализации библиотеки MPI для вычислительной системы BlueGene/P. Дополнительные функции для работы с коммуникаторами. Параметры настройки протоколов передачи данных. Реализация отображения структуры параллельных программ на архитектуру BlueGene/P.

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)	Лабораторные работы (часов)	Самостоятельная работа (часов)
1.	Цели и содержание спецкурса. Обзор проблематики высокопроизводительных параллельных вычислений. Современные направления развития параллельных вычислительных систем. Принципы построения параллельных вычислительных систем с разделяемой и распределенной памятью. Многоядерные процессоры.	2	2	0	0
2.	Архитектура и программное обеспечение высокопроизводительных вычислительных систем МГУ: BlueGene/P, СКИФ «Чебышев», «Ломоносов».	4	4	0	0
3.	Понятие о модели параллельных вычислений. Обзор базовых параллельных алгоритмов линейной алгебры, включая векторно-матричные операции (плотные и разреженные матрицы), решение систем линейных уравнений, параллельную сортировку данных.	4	4	0	0
4.	Методы оценки эффективности параллельных программ. Понятие эффективности параллельных программ, методы оценки эффективности, закон Амдаля.	2	2	0	0
5.	Понятие модели параллелизма по управлению. Выполнение OpenMP-программы (Fork and Join Model). Модель памяти. Понятие консистентности памяти. Консистентность памяти в OpenMP (weak ordering). Классы переменных. Основные понятия: директивы и клаузы. Понятие структурного блока. Компиляция OpenMP-программы. Параллельная область. Понятие задачи. Конструкции распределения работы.	4	4	0	0

6.	Конструкции OpenMP для синхронизации нитей. Система поддержки выполнения OpenMP-программ. Переменные окружения, управляющие выполнением OpenMP-программы. Наиболее часто встречаемые ошибки в OpenMP-программах. Функциональная отладка OpenMP-программ. Отладка эффективности OpenMP-программ. Использование OpenMP на кластере. Технология Intel Cluster OpenMP.	8	4	0	2
7.	Принципы построения параллельных программ с использованием модели передачи сообщений. Стандарты MPI-1, MPI-2 и их реализации: MPICH, Lam MPI, OpenMPI. Основные понятия MPI: сообщение, коммутатор, двусторонние и коллективные передачи, режимы передачи сообщений. Особенности трансляции и запуска MPI-программ в конкретных операционных средах. Организация двухсторонних взаимодействий в MPI. Основные функции MPI для поддержки двухсторонних передач сообщений.	6	2	0	2
8.	Понятие о коллективных операциях. Функции MPI поддержки коллективных операций. Реализация параллельных алгоритмов линейной алгебры с использованием двухсторонних и коллективных операций. Группировка данных для организации коммуникаций. Производные типы данных в MPI. Конструкторы производных типов. Упаковка данных. Примеры использования производных типов для реализации векторно-матричных операций. Операции над коммутаторами. Виртуальные топологии. Примеры реализации параллельных программ с использованием базовых операций MPI.	10	6	2	2
9.	Параллельные алгоритмы матричного умножения. Общая характеристика, способы распределения данных, оценка сложности. Блочные параллельные алгоритмы, особенности реализации с использованием функций MPI. Реализация базовых век-	2	2	2	2

	торно-матричных операций в библиотеках BLAS, ESSL, MKL.				
10.	Особенности реализации библиотеки MPI для вычислительной системы BlueGene/P. Дополнительные функции для работы с коммутаторами. Параметры настройки протоколов передачи данных. Реализация мэппинга параллельных программ на архитектуру BlueGene/P.	6	2	2	2
	ИТОГО:	48	32	6	10

6. Литература

1. Королев Л.Н. Архитектура процессоров электронных вычислительных машин. – М.: Изд. факультета ВМиК МГУ, 2003.
2. В.Воеводин, Вл.В.Воеводин Параллельные вычисления.- СПб: БХВ-Петербург, 2002.- 608 с.
3. ГергельВ.П., СтронгинР.Г Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем.- Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2001
5. Немнюгин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем.- СПб, БХВ-Петербург
6. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие.-М.: Изд-во МГУ, 2009. - 77 с.

Список дополнительной литературы устанавливается кафедрой.