

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

«Применение высокопроизводительных вычислительных технологий для моделирования задач сейсморазведки»

Лекции: 36 часов

Практические занятия: 36 часов

Всего часов: 72

Лектор: к.ф.-м.н. Хохлов Н.И.

Ассистенты: Субботина А.Ю., Шевченко А.В., Цыбулин И.В.

1. Введение в курс. Системы гиперболических уравнений

Системы гиперболических уравнений в частных производных. Основные понятия. Уравнение переноса. Разностные схемы для решения уравнения переноса. Разностные схемы повышенного порядка точности. Монотонные разностные схемы. Методы расщепления по пространственным координатам.

2. Численное моделирование задач сейсморазведки

Постановка задачи. Уравнение акустики в двумерном случае. Гиперболичность уравнений акустики. Граничные и начальные условия. Примеры расчетов. Постановка курсовой задачи.

3. Разрывный метод Галеркина

Классификация численных методов решения PDE, методы конечных элементов, методы конечных объемов. Задача Римана. Переход к интегральным соотношениям. Разрывный метод Галеркина.

4. Основы MPI. Компиляция и запуск программ

Классификация параллельных систем. Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем с разделяемой памятью. Кластера типа Beowolf. Устройства кластера и основные его компоненты. Высокоскоростные сети. История и стандарты MPI. Существующие реализации MPI. Основные понятия о процессах в MPI. Адресация процессов. Компиляция и запуск программ MPI. Запуск на одном и нескольких узлах. Распределение процессов между узлами. Система очередей PBS. Написание скриптов запуска PBS. Разбор примеров.

5. Виды коммуникаций. Коммуникации типа точка-точка.

Типы коммуникаций в MPI. Коммуникации типа точка-точка. Блокирующие и неблокирующие коммуникации. Особенности использования буфера библиотекой MPI. Очередность получения и передачи сообщений процессорами. Разбор примеров..

6. Групповые коммуникации

Введение в групповые коммуникации в MPI. Особенности работы групповых коммуникаций. Типы групповых сообщений: синхронизация, сбор и передача данных, коллективные вычисления. Отличия и сходства в вызовах и работе с коммуникациями типа точка-точка. Взаимодействия процессов при групповых коммуникациях. Примеры коммуникаций. Разбор примеров.

7. Архитектура CPU и GPU

Сравнение классической архитектуры Intel и AMD. Принципиальное отличие классической и GPU архитектуры. Объединённая архитектура графических процессоров. Основные составные элементы аппаратной реализации GPU. Преимущества унифицированной архитектуры. Составные части аппаратной реализации: TPC, SM, SP. Буфер инструкций SM. Регистровый файл SM. Конвейеры исполнения команд.

8. Программная модель CUDA

Основные модификаторы языка C. Введение в особенности программирования под GPU. Понятия Thread, Warp, Block и Grid. Программный стек CUDA. Описание пользовательского интерфейса разработчика, основные компоненты. Команды работы с памятью. Пример вызова CUDA. Глобальная, константная, текстурная, локальная, разделяемая и регистровая память. Особенности использования каждого типа памяти. Размещение различных данных в различной памяти. Когерентное общение с глобальной памятью.

9. Введение в OpenMP

Вычислительные системы с общей памятью. Стандарт OpenMP. Сравнение со стандартными реализациями потоков (POSIX Threads, WinAPI и другие реализации). Поддержка современными компиляторами. Особенности компиляции и запуска программ. Модель программирования OpenMP.

10. Основы OpenMP

Директивы PRAGMA и функции исполняющей среды OpenMP. Основные принципы программирования в OpenMP. Основные правила применения директив OpenMP, использующихся для описания данных и организации параллельных вычислений. Вопросы видимости данных и корректности доступа к данным.

11. Параллельное выполнение циклов, параллельные секции, синхронизация потоков.

Методы распараллеливания циклов и контроля распределения работы между процессорами. Статическое и динамическое распределение итераций между потоками. Способы балансировки работы процессоров с помощью директив OpenMP. Задание внешних переменных окружения с помощью функций OpenMP. Параллельные секции. Синхронизация параллельных потоков.

12. Распределенные операции с матрицами и векторами

Алгоритмы распределенных операций над матрицами и векторами. Разбор примера перемножения матриц.

13. Распараллеливание сеточных методов

Основные алгоритмы распараллеливания сеточных методов решения PDE. Структурные и неструктурные сетки. Пакеты для деления неструктурных сеток. Распараллеливание на структурных сетках на примере волнового уравнения в одномерном и двумерном случае.

14. Разбор проектов

Разбор проектов и практикума. Подведение итогов курса.

Примеры тем проектных работ

1. Распараллеливание решения двумерного уравнения акустики используя технологию MPI.
2. Распараллеливание решения двумерного уравнения акустики используя технологию OpenMP.

3. Распараллеливание решения двумерного уравнения акустики используя технологию CUDA.

Литература

1. Боресков А.В., Харламов А.В. Основы работы с технологией CUDA. – Изд-во: ДМК Пресс, 2010 г., 232 с.
2. В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. Параллельные вычисления. БХВ, Санкт-Петербург, 2002 г., 599 с.
3. В.П. Гергель. Теория и практика параллельных вычислений. ИНТУИТ, Москва, 2008 г., 424 с.
4. Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. // Москва: Наука, 1988 г., 287 с.
5. С.А. Немнюгин, О.Л. Стесик. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. БХВ, Санкт-Петербург, 2002 г., 396 с.
6. *Käser M., Dumbser M.* An arbitrary high discontinuous Galerkin Method for elastic waves on unstructured meshes I: the two-dimensional case // *Geophysics Journal International*. — 2000. — V. 166. — P. 855-877
7. Описание стандарта MPI и спецификация: <http://mpi-forum.org/>
8. OpenMP: <https://computing.llnl.gov/tutorials/openMP/>
9. Архитектура и программирование массивно параллельных процессоров: http://www.nvidia.ru/object/cuda_state_university_courses_ru.html
10. BLAS: <http://www.netlib.org/blas/>
11. Intel MKL: http://software.intel.com/sites/products/documentation/hpc/composerxe/en-us/mklxe/mkl_manual_win_mac/index.htm