

УЧЕБНАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА по общему курсу "Практика построения и использования кластерных систем"

для студентов, обучающихся по программе подготовки
бакалавров физико-математических наук по направлению
"Прикладная математика и информатика"

Курс третий
Семестр седьмой
Практические и лабораторные занятия 36 часов
Зачет 7 семестр

Программа разработана профессором кафедры математического обеспечения ЭВМ факультета вычислительной математики и кибернетики Нижегородского государственного университета доктором технических наук В.П. Гергелем, ассистентом А.Н. Свистуновым.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСА

1. Цель преподавания курса

Создание многопроцессорных (параллельных) вычислительных систем (ПВС) является стратегически важной задачей, обуславливаемой существованием в любой текущий момент времени актуальных задач фундаментальной и прикладной науки, для анализа и исследования которых производительности существующих средств вычислительной техники оказывается недостаточно. Тем не менее, практическое использование параллельных вычислительных систем не является столь широким, как это могло бы быть потенциально возможным. Одним из сдерживающих факторов, препятствующим широкому распространению параллельных вычислений следует отнести большую стоимость и разнообразие архитектурного построения ПВС.

Преодоление этого сдерживающего фактора может быть достигнуто путем широкого применения кластерных вычислительных систем (clusters). Под кластером обычно понимается (см., например, Xu and Hwang (1998), Pfister (1998)) множество отдельных компьютеров, объединенных в сеть, для которых при помощи специальных аппаратно-программных средств обеспечивается возможность унифицированного управления (single system image), надежного функционирования (availability) и эффективного использования (performance). Кластеры могут быть образованы на базе уже существующих у потребителей отдельных компьютеров либо же сконструированы из типовых компьютерных элементов, что обычно не требует значительных финансовых затрат. Применение кластеров может также в некоторой степени снизить проблемы, связанные с разработкой параллельных алгоритмов и программ, поскольку повышение вычислительной мощности отдельных процессоров позволяет строить кластеры из сравнительно небольшого количества (несколько десятков) отдельных компьютеров (lowly parallel processing). Это приводит к тому, что для параллельного выполнения в алгоритмах решения вычислительных задач достаточно выделять только крупные независимые части расчетов (coarse granularity), что, в свою очередь, снижает сложность построения параллельных методов вычислений и уменьшает потоки передаваемых данных между компьютерами кластера. Вместе с этим следует отметить, что организации взаимодействия вычислительных узлов кластера при помощи

передачи сообщений обычно приводит к значительным временным задержкам, что накладывает дополнительные ограничения на тип разрабатываемых параллельных алгоритмов и программ.

Предметом рассмотрения настоящего курса и является изучение перечисленного круга вопросов. Цель курса состоит в изложении математических моделей и методов, использующихся при построении и эксплуатации кластерных систем.

2. Задачи курса

Построение и использование многопроцессорных вычислительных систем предполагает практическое освоение следующих разделов:

- Аппаратное обеспечение вычислительного кластера,
- Коммуникационная среда передачи данных,
- Системное программное обеспечение,
- Библиотеки передачи данных,
- Библиотеки параллельных методов,
- Инструментальные средства,
- Управление кластером,
- Тестирование кластерной системы.

Выполнение практических заданий осуществляется на высокопроизводительном вычислительном кластере Нижегородского университета.

3. Дисциплины, изучение которых необходимо при освоении данного курса

Изложение курса опирается на основные курсы "ЭВМ и программирование", "МВС и параллельное программирование", "Архитектура ЭВМ", "Операционные системы". При выполнении практических и лабораторных заданий обучаемые должны владеть методами программирования на алгоритмическом языке С.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Цели создания кластерных систем

1.1. Необходимость

Необходимость ввода параллельных вычислительных комплексов (проблемы "большого вызова" и ограничение максимальной производительности однопроцессорных ЭВМ). Требования по снижению стоимости и повышению надежности. История проекта Beowulf. История проекта Avalon.

2. Принципы построения кластерных вычислительных систем

2.1. Узлы вычислительного кластера

Архитектура узла. Однопроцессорные и многопроцессорные конфигурации. Особенности использования SMP-систем в качестве узлов (OpenMP – технология).

2.2. Среда передачи данных

Выбор схемы коммутации. Сетевые технологии (cLAN, SCI, Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, Myrinet) – основные характеристики, достоинства и недостатки, особенности использования.

2.3. Системное программное обеспечение

Выбор операционной системы. Использование ОС семейства Windows в качестве платформы для построения кластера. Использование ОС Linux. Настройка операционной системы. Используемые компиляторы.

2.4. Принятые подходы к созданию параллельных программ. Популярные технологии.

PVM - концепция параллельной виртуальной вычислительной машины и ее представление в виде распределенной неоднородной системы компьютеров. Установка PVM. Программирование с использованием PVM. Запуск приложений в среде PVM.

MPI - библиотека передачи сообщений. Стандарты MPI. Различные реализации MPI. Выбор и установка библиотеки MPI. Подключение MPI к среде программирования. Отладка приложений, использующих MPI. Запуск приложений, написанных с использованием MPI.

2.5. Оценка производительности кластерной системы

Методика оценки производительности. Максимальная (пиковая) производительность. Удельная производительность. Широко используемые тесты производительности (LINPACK, тесты NASA). Значения показателей производительности для ряда МВС.

3. Библиотеки параллельных методов

3.1. Обоснование необходимости использования библиотек

Сложность разработки параллельных программ. Трудоемкость отладки. Наличие оптимизированных библиотек стандартных методов.

3.2. Библиотеки параллельных методов решения задач линейной алгебры

Библиотека SCALAPACK. Библиотека PLAPACK. Представление векторов. Представление матриц. Понятие локального и удаленного объекта. Концепция распределенных объектов. Примеры использования библиотек параллельных методов для решения типовых задач. Умножение матриц (различные варианты). LU и QR факторизация. Обращение матрицы. Область применимости библиотек.

3.3. Библиотеки параллельных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных

Библиотека PETSc. Параллельная реализация прямых и итерационных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных. Примеры использования библиотеки PETSc для решения типовых задач.

5. Инструментальные системы автоматического и полуавтоматического распараллеливания

5.1. Задача автоматического распараллеливания

Сложность написания параллельных программ. Унаследованный последовательный код.

5.2. Полуавтоматическое распараллеливание

Перенос последовательного кода в параллельную среду. Расширения "последовательных" языков программирования. Директивы пользователя. Система DVM.

5. Управление кластером

5.1. Системное администрирование

Типовые задачи системного администратора кластера. Вопросы безопасности и отказоустойчивости.

5.2. Система управления кластером

Необходимость управления кластерной системой. Типовые задачи системы управления кластером. Типичная архитектура системы управления кластером. Мониторинг кластера. Очередь задач. Планировщик задач. Система удаленного доступа к кластеру. Система бюджетирования.

Лабораторный практикум

Часть 1. Установка и конфигурация системного ПО

Установка библиотеки MPI. Подключение ее к среде программирования. Тестирование правильности установки. Тесты MPI.

Часть 2. Инструментальные средства

Установка библиотеки PLAPACK. Подключение к среде программирования. Вызов стандартных процедур (тестирование установки). Установка системы DVM. Запуск задач в системе DVM. Тестирование правильности установки.

Часть 3. Тестирование кластера

Методика тестирования. Задачи тестирования. Тесты производительности узлов. Тесты производительности среды передачи данных. Тесты MPI. Тесты кластера – тесты Linpack и NASA. Тесты NASA в среде DVM.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Основная литература

1. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. - Н.Новгород, ННГУ, 2001.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
4. Немнюгин С., Стесик О. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем — СПб.: БХВ-Петербург, 2002.

Дополнительная литература

5. Дейтел Г. Введение в операционные системы. Т.1.- М.: Мир, 1987.
6. Корнеев В.В.. Параллельные вычислительные системы. - М.: Нолидж, 1999.
7. Pacheco, S. P. Parallel programming with MPI. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 1997.
8. Parallel and Distributed Computing Handbook. / Ed. A.Y. Zomaya. -McGraw-Hill, 1996.
9. Pfister, G. P. In Search of Clusters. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 1995. (2nd edn., 1998).
10. Xu, Z., Hwang, K. Scalable Parallel Computing Technology, Architecture, Programming. McGraw-Hill, Boston. 1998.

Информационные ресурсы сети Интернет

11. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям (<http://www.parallel.ru>)
12. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета (<http://www.software.unn.ac.ru/ccam>)

13. Информационные материалы рабочей группы IEEE по кластерным вычислениям (<http://www.ieeetfcc.org>)