



Нижегородский государственный университет
им. Н.И.Лобачевского

Факультет Вычислительной математики и кибернетики

Образовательный комплекс

***Введение в методы параллельного
программирования***

Лабораторная работа 2.

**Выполнение заданий под управлением
Microsoft Compute Cluster Server 2003**



Гергель В.П., профессор, д.т.н.
Кафедра математического
обеспечения ЭВМ

Содержание

- ❑ Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003
- ❑ **Упражнения:**
 - Компиляция программы для запуска в CCS 2003,
 - Запуск последовательной задачи,
 - Запуск параллельного задания,
 - Запуск множества задач,
 - Запуск потока задач,
 - Задача определения характеристик сети передачи данных



Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003...

□ Основные понятия, используемые в CCS 2003:...

- **Задание (job)** – запрос на выделение вычислительных ресурсов кластера для выполнения задач. Каждое задание может содержать одну или несколько задач,
- **Задача (task)** – команда или программа (в том числе, параллельная), которая должна быть выполнена на кластере. Задача не может существовать вне некоторого задания, при этом задание может содержать как несколько задач, так и одну,
- **Планировщик заданий (job scheduler)** – сервис, отвечающий за поддержание очереди заданий, выделение системных ресурсов, постановку задач на выполнение, отслеживание состояния запущенных задач,
- **Узел (node)** – вычислительный компьютер, включенный в кластер под управлением CCS 2003,



Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003...

- **Важнейшие понятия, используемые в CCS 2003:**
 - **Процессор (processor)** – один из, возможно, нескольких вычислительных устройств узла,
 - **Очередь (queue)** – список заданий, отправленных планировщику для выполнения на кластере. Порядок выполнения заданий определяется принятой на кластере политикой планирования,
 - **Список задач (task list)** – эквивалент очереди заданий для задач каждого конкретного задания. Порядок запуска задач определяется правилом FCFS (первыми будут выполнены задачи, добавленные в список первыми), если пользователь специально не задаст иной порядок



Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003...

- ❑ Планировщик заданий CCS 2003 работает как с последовательными, так и с параллельными задачами. *Последовательной* называется задача, которая использует ресурсы только одного процессора. *Параллельной* называется задача, состоящая из нескольких процессов (или потоков), взаимодействующих друг с другом для решения одной задачи.
- ❑ В случае использования MS MPI в качестве интерфейса передачи сообщений параллельные задачи необходимо запускать с использованием специальной утилиты **mpiexec.exe**, осуществляющей одновременный запуск нескольких экземпляров параллельной программы на выбранных узлах кластера



Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003...

- Непосредственным запуском задач занимается планировщик, а пользователь может лишь добавить задачу в очередь, так как время ее запуска выбирается системой автоматически в зависимости от того, какие вычислительные ресурсы свободны и какие задания ожидают в очереди выделения им ресурсов



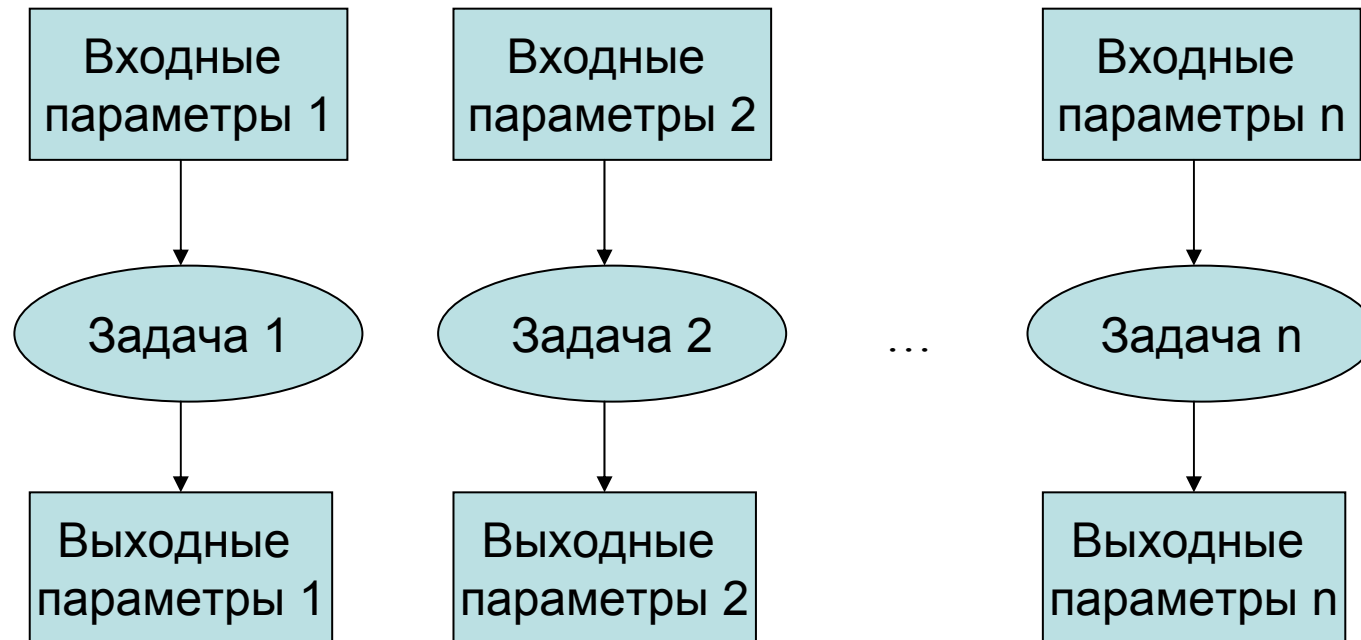
Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003...

- Для выполнения программы в CCS 2003 необходимо выполнить следующие действия:
 - *Создать* задание с описанием вычислительных ресурсов, необходимых для его выполнения,
 - *Определить* задачу. Задача задается при помощи той или иной команды, выполнение которой приводит к запуску на кластере последовательных или параллельных программ. Например, параллельная задача описывается при помощи команды **mpiexec.exe** с соответствующими параметрами (список узлов для ее запуска, имя параллельной программы, аргументы командной строки программы и др.),
 - *Добавить* задачу к созданному ранее заданию



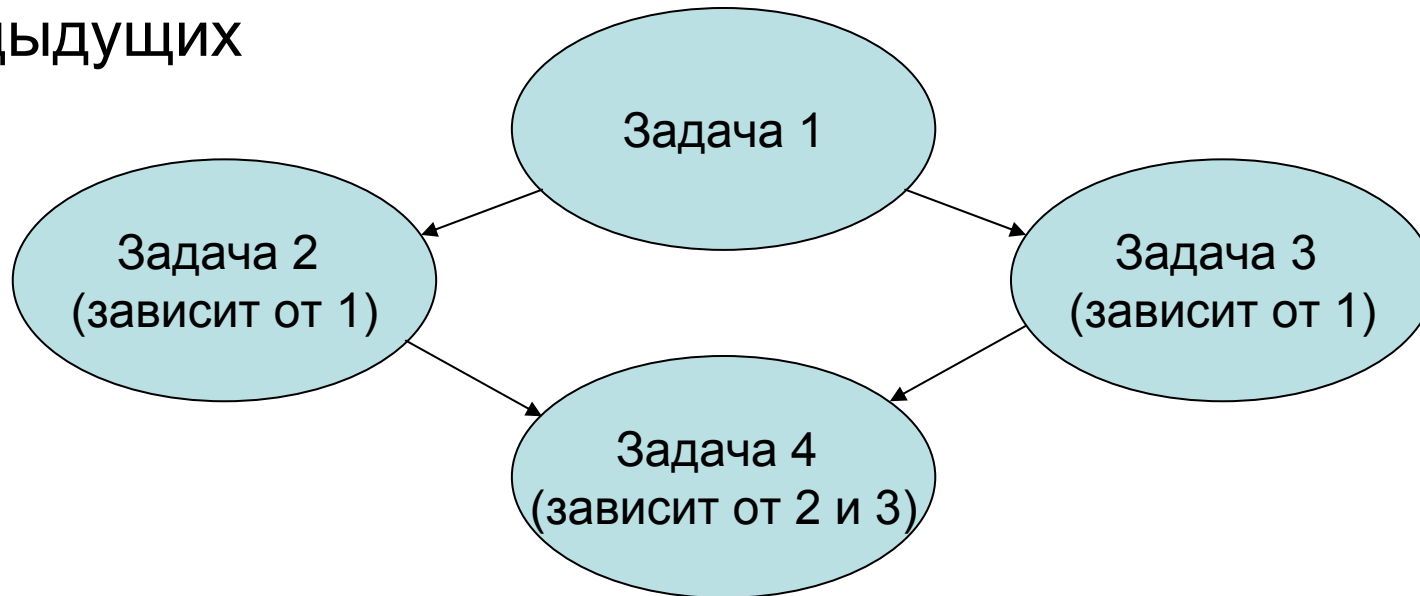
Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003...

- **Параметрическое множество задач (parametric sweep)** – одна и та же программа (последовательная или параллельная), несколько экземпляров которой запускается (возможно, одновременно) с разными входными параметрами и разными файлами вывода,



Общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003

- **Поток задач (task flow)** – несколько задач (возможно, одна и та же программа с разными входными параметрами) запускаются в определенной последовательности. Последовательность запуска объясняется, например, зависимостью некоторых задач последовательности от результатов вычислений предыдущих



Упражнение 1: Компиляция программы для запуска в CCS 2003...

- Задание 1 – Установка Microsoft Compute Cluster Pack SDK:
 - Для компиляции параллельных программ, работающих в среде MS MPI, необходимо установить **SDK (Software Development Kit)** – набор интерфейсов и библиотек для вызова MPI-функций



Упражнение 1: Компиляция программы для запуска в CCS 2003...

- **Задание 2** – Настройка интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio 2005:...
- **Путь до заголовочных файлов объявлений MPI**
 - Выберите пункт меню **Project->Project Properties**.
 - В пункте **Configuration Properties->C++->General->Additional Include Directories** введите путь до заголовочных файлов MS MPI: **<Директория установки CCS SDK>\Include**,
- **Библиотечный файл с реализацией функций MPI**
 - Выберите пункт меню **Project->Project Properties**.
 - В пункте **Configuration Properties->C++->Linker->Input ->Additional Dependencies** введите название библиотечного файла **msmpi.lib**,



Упражнение 1: Компиляция программы для запуска в CCS 2003...

- **Задание 2** – Настройка интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio 2005:
 - **Путь до библиотечного файла msmapi.lib.**
 - Выберите пункт меню **Project->Project Properties.**
 - В пункте **Configuration Properties->C++->Linker->General**
->Additional Library Directories введите путь до библиотечного файла **msmapi.lib**:
<Директория установки CCS SDK>\Lib\i386 или
<Директория установки CCS SDK>\Lib\AMD64
в зависимости от используемой Вами архитектуры процессоров



Упражнение 1: Компиляция программы для запуска в CCS 2003

- **Задание 3** – Компиляция параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005:
 - Скомпилируем в Microsoft Visual Studio 2005 параллельную программу вычисления числа Π ,
 - Создайте новый проект: выберите пункт меню **File->New->Project**. В окне выбора нового проекта выберите **консольное Win32 приложение (Other Languages->Visual C++->Win32->Win32 Console Application)**. Проведите настройки проекта из предыдущего задания



Упражнение 2: Запуск последовательной задачи...

- **Задание 1** – Запуск программы через графический пользовательский интерфейс:...
 - Для запуска программы через графический интерфейс (программа **Compute Cluster Job Manager**) необходимо выбрать пункт меню **File->Submit Job**,
 - При задании параметров задания указывают **минимальное** и **максимальное** числа процессоров, необходимых для выполнения задания. Под максимальным здесь понимается оптимальное для задания число процессоров (именно столько будет выделено в случае низкой загрузки кластера). Гарантируется, что задание не начнет выполняться, если на кластере доступно менее минимального числа процессоров



Упражнение 2: Запуск последовательной задачи...

- Задание 1 – Запуск программы через графический пользовательский интерфейс:
 - В случае запуска последовательной задачи необходимо создать одно задание и включить в него единственную последовательную задачу,
 - Ход выполнения заданий можно наблюдать в окне программы **Compute Cluster Job Manager**



Упражнение 2: Запуск последовательной задачи...

- **Задание 2** – Запуск программы с использованием шаблона:
 - В программе **Compute Cluster Job Manager** есть возможность сохранения параметров задания в *xml* файл для последующего быстрого создания копии. Таким образом, Вы можете изменять интересующие параметры задания, оставляя другие неизменными, и экономя, таким образом, время на формирование задания,
 - Для сохранения задания необходимо дважды щелкнуть по нему левой кнопкой мыши в окне **Compute Cluster Job Manager** и нажать кнопку “**Save As Template...**”,
 - Для создания задания по шаблону – выполнить команду меню **File->Submit Job with Template**



Упражнение 2: Запуск последовательной задачи

□ Задание 3 – Запуск программы из командной строки:

- Часто бывает удобней управлять ходом выполнения заданий из командной строки. Microsoft Compute Cluster Server 2003 имеет в своем составе текстовые утилиты, предоставляющие полный контроль за ходом выполнения заданий на кластере,
- Для запуска последовательной задачи необходимо выполнить команды:
 - **job new /jobname:SerialPiCL /scheduler:s-cw-head** – создание нового задания,
 - **job add 26 /numprocessors:1 /scheduler:s-cw-head /stdout://s-cw-head/temp/serialpi.txt /workdir://s-cw-head/temp/ serialpi.exe 1000** – добавление новой задачи в задание,
 - **job submit /id:26 /scheduler:s-cw-head** – начало планирования задания



Упражнение 3: Запуск параллельного задания

- Задание 1 – Запуск параллельного задания:
 - Запуск задач, разработанных для MS MPI, необходимо осуществлять с использованием специальной утилиты **mpiexec.exe**, которая принимает в качестве параметров имя параллельной программы, список узлов, на которых произойдет запуск, и параметры запускаемой программы,
 - Список узлов задается параметром “**-hosts**”. При этом в случае, если узлы должны быть выделены планировщиком автоматически, следует указать в качестве параметра переменную окружения **CCP_NODES**, которая содержит список узлов кластера



Упражнение 4: Запуск множества задач...

□ Задание 1 – Запуск множества задач:...

- Под *параметрическим множеством задач* понимается серия запусков одной и той же программы с разными параметрами. В качестве примера можно привести запуск серии из нескольких сотен экспериментов по вычислению числа Π для исследования скорости сходимости метода к точному решению,
- Для добавления множества задач на вкладке **Tasks** диалога **Submit Job** есть кнопка **Add parametric Sweep**,



Упражнение 4: Запуск множества задач

- Задание 1 – Запуск множества задач:
 - При добавлении множества задач пользователь задает границы изменения индекса и положение индекса в параметрах задач (индекс заменяется на “*”). Каждой задаче в задании будет передан параметр командной строки с соответствующим значением индекса



Упражнение 5: Запуск потока задач

□ Задание 1 – Запуск потока задач:

- Поток задач используется тогда, когда для выполнения некоторой задачи в составе задания необходимы результаты работы других задач, что выдвигает требования к порядку их выполнения,
- Задать порядок выполнения задач в задании можно на вкладке **Tasks** диалога **Submit Job**, последовательно выбирая каждую задачу и задавая для нее список предшествующих задач (кнопка **Edit**, вкладка **Task Dependencies**, кнопка **Preceding Tasks**)



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных...

- ❑ Особенностью разработки программ для кластерных систем является необходимость учитывать не только характеристики отдельных компьютеров (прежде всего это производительность процессора и скорость памяти), но и характеристики сети передачи данных между ними. Чаще всего эти характеристики используются для построения теоретических оценок времени работы алгоритмов, что позволяет предсказывать время работы программ в зависимости от размера входных данных. Получение характеристик сети – отдельная задача, решаемая запуском специальных тестовых программ на конкретном имеющемся оборудовании. Необходимость проведения тестов для каждого конкретного кластера объясняется тем, что данные, предоставляемые поставщиком аппаратного обеспечения, могут сильно отличаться в зависимости от используемого программного обеспечения, настроек кластера или особенностей взаимодействия оборудования разных моделей и изготовителей



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных...

- Описание характеристик, определяющих производительность сети:
 - **Латентностью** (задержкой) называется время, затрачиваемое аппаратной и программной частью на обработку запроса отправки сетевого сообщения. То есть, это время с момента поступления команды на пересылку информации до начала ее непосредственной передачи. Обычно латентность указывается в **микросекундах (мкс)**,
 - **Пропускной способностью** сети называется максимальное количество информации, передаваемое между узлами сети за единицу времени. Обычно пропускная способность сети указывается в **мегабайтах в секунду (Мбайт/сек)** или **мегабитах в секунду (Мбит/сек)**,



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных...

□ Общая характеристика алгоритма:...

- Идея алгоритма определения характеристик сети, используемого в тестах данной работы, состоит в последовательной пересылке между 2 узлами сообщений различной длины, используя средства установленной реализации MPI, и измерения времени, затрачиваемого на пересылку,
- Имея эти данные, пропускную способность можно определить, поделив длину переданного сообщения на затраченное на передачу время,
- Для минимизации погрешности передачу повторяют N раз и усредняют результат,



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных...

□ Общая характеристика алгоритма:

- Оценка пропускной способности обычно увеличивается с ростом длины сообщения, стремясь к некоторому предельному значению. Обычно именно это предельное значение (или значение, полученное при пересылке большого сообщения) целесообразно использовать как оценку пропускной способности,
- За латентность обычно принимается время, затрачиваемое для пересылки сообщений нулевой длины



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных...

□ Компиляция программы:...

- Последнюю версию тестового пакета **IMB** в составе **Intel Cluster Tools** Вы можете скачать на сайте Intel по адресу <http://www.intel.com/cd/software/products/asmo-na/eng/cluster/mpi/219848.htm>,
- Для того, чтобы скомпилировать IMB для ОС Windows, Вам придется самостоятельно создать проект в Microsoft Visual Studio 2005 аналогично проектам, создание которых было описано в данной работе. Либо Вы можете воспользоваться заготовкой проекта, которая входит в состав лабораторной работы (папка **IMB_2_3**),



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных...

□ Компиляция программы:

- Скачать **тесты НИВЦ МГУ** можно по адресу <http://parallel.ru/ftp/tests/mpi-bench-suite.zip> .
- Для компиляции тестов в ОС Windows Вам также придется самостоятельно создать проект в Microsoft Visual Studio 2005, либо воспользоваться заготовкой проекта, входящей в состав лабораторной работы (папка **MGU_tests**)



Дополнительное упражнение: Задача определения характеристик сети передачи данных

□ Выполнение программы:

- Тесты необходимо запускать на двух узлах сети по одному процессу на каждом узле. Таким образом, для запуска тестов в CCS 2003 необходимо указать в качестве требований для задания суммарное число процессоров на 2 узлах и выбрать эти узлы вручную



Заключение

- ❑ Рассмотрена общая схема выполнения заданий под управлением Microsoft Compute Cluster Server 2003:
 - Компиляция программы для запуска в CCS 2003,
 - Запуск последовательной задачи,
 - Запуск параллельного задания,
 - Запуск множества задач,
 - Запуск потока задач
- ❑ Представлена схема выполнения экспериментов для определения характеристик сети передачи данных



Контрольные вопросы

- ❑ Дайте определения терминам задание (job) и задача (task). В чем основные отличия?
- ❑ Какие основные настройки Microsoft Visual Studio 2005 необходимо произвести при компиляции параллельной программы для использования в среде MS MPI?
- ❑ В чем особенность запуска параллельных задач (скомпилированных для MS MPI) на кластере?
- ❑ Что такое параметрическое множество задач (parametric sweep)? Что такое поток задач (work flow)?
- ❑ Какие характеристики, определяющие производительность сети, Вы знаете? Дайте их определения



Следующая тема

- ❑ Отладка параллельных MPI программ в среде Microsoft Visual Studio 2005



Авторский коллектив

Гергель В.П., профессор, д.т.н., руководитель

Гришагин В.А., доцент, к.ф.м.н.

Абросимова О.Н., ассистент (раздел 10)

Курылев А.Л., ассистент (лабораторные работы 4,5)

Лабутин Д.Ю., ассистент (система ПараЛаб)

Сысоев А.В., ассистент (раздел 1)

Гергель А.В., аспирант (раздел 12, лабораторная работа 6)

Лабутина А.А., аспирант (разделы 7,8,9; лабораторные работы 1,2,3; система ПараЛаб)

Сенин А.В. (раздел 11, лабораторные работы Microsoft Compute Cluster)

Ливерко С.В. (система ПараЛаб)



Целью проекта является создание образовательного комплекса "Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование", обеспечивающий рассмотрение вопросов параллельных вычислений, предусмотримых рекомендациями Computing Curricula 2001 Международных организаций IEEE-CS и ACM. Данный образовательный комплекс может быть использован для обучения на начальном этапе подготовки специалистов в области информатики, вычислительной техники и информационных технологий.

Образовательный комплекс включает **учебный курс "Введение в методы параллельного программирования"** и **лабораторный практикум "Методы и технологии разработки параллельных программ"**, что позволяет органично сочетать фундаментальное образование в области программирования и практическое обучение методам разработки масштабного программного обеспечения для решения сложных вычислительно-трудоемких задач на высокопроизводительных вычислительных системах.

Проект выполнялся в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского на кафедре математического обеспечения ЭВМ факультета вычислительной математики и кибернетики (<http://www.software.unn.ac.ru>). Выполнение проекта осуществлялось при поддержке компании Microsoft.

