Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского

Факультет Вычислительной математики и кибернетики

Лабораторная работа

Отладка параллельных MPI программ в среде Microsoft Visual Studio 2005

Содержание

- Обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005
- **Упражнения:**
  - Тестовый локальный запуск параллельных программ,
  - Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005

Обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005…

- **Отладка** (debugging) – процесс поиска и устранения ошибок в программе,
- **Отладчик** (debugger) – специальная программа, с помощью которой может быть проведена отладка (встроена в Microsoft Visual Studio 2005),
- **Точка остановки** – место в программе, при переходе к которому выполняется приостановка работы программы и вызов отладчика. При указании точек остановки возможно также задание условий, которые должны выполняться для остановки работы программы,
- **Выполнение программы в пошаговом режиме** – возможность выполнения по одной строке отлаживаемой программы при каждом нажатии пользователем специальной клавиши (**F10** в MS VS 2005). Пользователь получает возможность наблюдать динамику изменения переменных программы и лучше понять логику работы программы

Обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005…

- Для того, чтобы в полной мере оценить преимущества отладчика, необходимо предварительно скомпилировать программу в специальной отладочной конфигурации (чаще всего такая конфигурация называется “**Debug**”), особенностью которой является добавление в генерируемые бинарные файлы специальной отладочной информации, которая позволяет видеть при отладке исходный код выполняемый программы на языке высокого уровня

Обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005…

- К числу часто используемых инструментов отладки Microsoft Visual Studio 2005 относятся:…
  - Окно “**Call Stack**” - окно показывает текущий стек вызова функций и позволяет переключать контекст на любую из функций стека (при переключении контекста программист получает доступ к значениям локальных переменных функции),
  - Окно “**Autos**” - окно показывает значения переменных, используемых на текущей и на предыдущих строках кода. Кроме того, это окно может показывать значения, возвращаемые вызываемыми функциями. Список отображаемых переменных определяется средой автоматически

Обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005…

- К числу часто используемых инструментов отладки Microsoft Visual Studio 2005 относятся:
  - Окно “**Watch**” - окно позволяет отслеживать значения тех переменных, которых нет в окне “**Autos**”. Список отслеживаемых переменных определяется пользователем,
  - Окно “**Threads**” - окно позволяет переключаться между различными потоками команд процесса,
  - Окно “**Processes**” - окно позволяет переключаться между различными отлаживаемыми процессами (например, в случае отладки MPI – программы)

Обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005

- В параллельной программе над решением задачи работают одновременно несколько процессов, каждый из которых, в свою очередь, может иметь несколько потоков команд,
- Сложно контролируемая ситуация при параллельном программировании – состояние **гонки процессов**, когда процессы параллельной программы взаимодействуют между собой без выполнения каких-либо синхронизирующих действий. В этом случае, в зависимости от состояния вычислительной системы, последовательность выполняемых действий может различаться от запуска к запуску параллельной программы,
- Среда разработки Microsoft Visual Studio 2005 включает **параллельный отладчик**, который может быть использован для отладки MPI и OpenMP программ

Упражнение 1: Тестовый локальный запуск параллельных программ…

- **Задание 1** – Локальный запуск параллельной программы вычисления числа Пи на рабочей станции:
  - Перед тем, как запускать скомпилированную программу на многопроцессорной вычислительной системе (кластере), желательно провести несколько локальных экспериментов на обычном персональном компьютере,
  - Для выполнения локальных экспериментов при установке клиентской части Microsoft Compute Cluster Pack на рабочей станции необходимо установить также Microsoft Compute Cluster Server SDK

Упражнение 1: Тестовый локальный запуск параллельных программ…

- **Задание 2** – Настройка Microsoft Visual Studio 2005 для локального запуска параллельной MPI программы в режиме отладки:…
  - Выберите пункт меню **Project->paralellpi Properties…**,
  - В открывшемся окне настроек проекта выберите пункт “**Configuration Properties->Debugging**,
  - Введите следующие настройки:
    - В поле **Debugger to launch** выберите **MPI Cluster Debugger**,
    - В поле **MPIRun Command** введите **mpiexec.exe** – имя программы, используемой для запуска параллельной MPI программы,
    - В поле **MPIRun Argument** введите аргументы программы **mpiexec**. Например, введите **“-np <число процессов>”** для указания числа процессов, которые будут открыты,

Упражнение 1: Тестовый локальный запуск параллельных программ…

- **Задание 2** – Настройка Microsoft Visual Studio 2005 для локального запуска параллельной MPI программы в режиме отладки:…
  - В поле **Application Command** введите путь до исполняемого файла программы,
  - В поле **Application Argument** введите аргументы командной строки запускаемой программы,
  - В поле **MPIShim Location** введите путь до **mpishim.exe** – специальной программы, поставляемой вместе с Microsoft Visual Studio 2005, используемой для отладки удаленных программ

Упражнение 1: Тестовый локальный запуск параллельных программ…

- **Задание 2** – Настройка Microsoft Visual Studio 2005 для локального запуска параллельной MPI программы в режиме отладки:
  - Для остановки всех процессов параллельной программы в случае, если один из процессов будет приостановлен, поставьте флаг около пункта **Break all processes when one process breaks** в настройках среды **Tools->Options,** для раздела **Debugging->General**

Упражнение 1: Тестовый локальный запуск параллельных программ

- **Задание 3** – Запуск параллельной MPI программы в режиме отладки из Microsoft Visual Studio 2005 :
  - После настроек, указанных в предыдущем задании, становится возможным отлаживать параллельные MPI программы. Так, запустив программу из меню Microsoft Visual Studio 2005 (команда “**Debug->Start Debugging**”), будут запущены сразу несколько процессов (их число соответствует настройкам предыдущего задания). Каждый из запущенных процессов имеет свое консольное окно. Любой из процессов может быть приостановлен средствами Microsoft Visual Studio 2005 для выполнения отладочных действий

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 1** – Знакомство с основными методами отладки:
  - Для овладения навыками отладки в Microsoft Visual Studio 2005 необходимо овладеть следующими основными инструментами:
    - Точки остановки,
    - Окно **Call Stack**,
    - Окно **Autos**,
    - Окно **Watch**,
    - Окно **Threads**,
    - Окно **Processes**

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 2** – Использование точек остановки:
  - В данном задании мы рассмотрим использование **условных точек остановки**, то есть точек остановки с предварительно задаваемыми условиями, которые должны выполняться для приостановки работы программы,
  - Для указания точек остановки, которые будут приостанавливать работу только тех процессов (или потоков), которые Вам нужны, воспользуйтесь пунктом меню “**Filter**”,
  - Для указания условий на значения переменных при установке точек остановки воспользуйтесь пунктом меню “**Conditions**”

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 3** – Особенности отладки параллельных MPI программ:…
  - Отладку параллельных программ можно проводить даже в случае отсутствия поддержки MPI со стороны отладчика:
    - **Использование текстовых сообщений**, выводимых в файл или на экран, со значениями интересуемых переменных и/или информацией о том, какой именно участок программы выполняется. Такой подход часто называют **printf отладкой** (**printf debugging**), так как чаще всего для вывода сообщений на консольный экран используется функция **printf**”
    - **Использование последовательного отладчика**. Так как MPI-задача состоит из нескольких взаимодействующих процессов, то для отладки можно запустить несколько копий последовательного отладчика, присоединив каждую из них к определенному процессу MPI-задания

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 3** – Особенности отладки параллельных MPI программ:
  - Использование для отладки текстовых сообщений или последовательного отладчика имеет ряд недостатков:
    - **Текстовые сообщения**: для того, чтобы получить значение очередной переменной, приходится каждый раз добавлят новый код для вывода сообщений, перекомпилировать программу и производить новый запуск. Это занимает много времени. Кроме того, добавление в текст программы нового кода может приводить к временному исчезновению проявлений некоторых ошибок,
    - **Использование последовательного отладчика**: необходимость ручного выполнения многих однотипных действий. Представьте, например, необходимость приостановки 32 процессов MPI задания - в случае использования последовательного отладчика придется переключиться между 32 процессами отладчика и вручную дать команду приостановки

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 3** – Особенности отладки параллельных MPI программ:
  - **Параллельный отладчик** Microsoft Visual Studio 2005 лишен указанных недостатков и позволяет существенно экономить время на отладку. Это достигается за счет того, что среда рассматривает все процессы одной MPI задачи как единую параллельно выполняемую программу, максимально приближая параллельную отладку к отладке последовательных программ

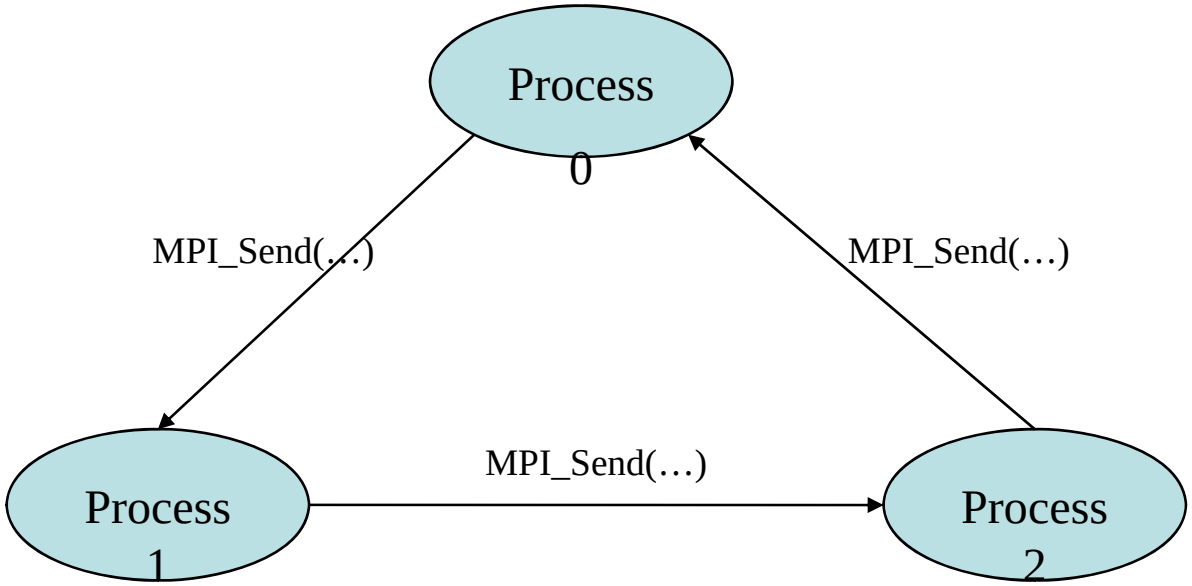
Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 4** – Особенности отладки параллельных MPI программ:
  - Все ошибки, которые встречаются при последовательном программировании, характерны также и для параллельного программирования
  - К числу наиболее типичных ошибок при параллельном программировании с использованием технологии MPI можно отнести:
    - **Взаимная блокировка при пересылке сообщений**:
      Поясним на следующем примере. Пусть ***n*** процессов передают информацию друг другу по цепочке так, что процесс с рангом ***i*** передает информацию процессу с рангом ***i+1*** (для рангов ***i=0,…,n-2***), а процесс с рангом ***n-1*** передает информацию процессу с рангом ***0***. Передача осуществляется с использованием функции отправки сообщений ***MPI_Send*** и функции приема сообщений ***MPI_Recv***, при этом, каждый процесс сначала вызывает ***MPI_Send***, а затем ***MPI_Recv***. Отправка сообщений может не завершиться никогда, потому что каждый процесс будет ожидать завершения отправки своего сообщения, и никто не вызовет функцию приема сообщения

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 4** – Особенности отладки параллельных MPI программ:

Взаимная блокировка при пересылке сообщений (*n* = 3)



Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 4** – Особенности отладки параллельных MPI программ:…
  - **Освобождение или изменение буферов, используемых при неблокирующей пересылке**. При вызове неблокирующих функций возврат из них происходит немедленно, а адреса массивов с сообщениями запоминаются во внутренних структурах библиотеки MPI. При непосредственной передаче сообщений по сети, которая будет выполнена в отдельном потоке, возможно обращение к исходному массиву с пересылаемыми данными, поэтому важно, чтобы этот участок памяти не был удален или изменен до окончания передачи (установить, что передача завершена можно вызовом специальных функций). Однако часто об этом правиле забывают, что приводит к непредсказуемому поведению программы. Такого рода ошибки являются одними из самых сложных для отладки

Упражнение 2: Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005…

- **Задание 4** – Особенности отладки параллельных MPI программ:
  - **Несоответствие вызовов функций передачи и приема сообщений**. Важно следить, чтобы каждому вызову функции отправки сообщения соответствовал вызов функции приема и наоборот. Однако в том случае, когда число передач заранее неизвестно, а определяется в ходе вычислений, бывает легко ошибиться и не обеспечить нужных гарантий выполнения данного условия. К этому же типу ошибок можно отнести вызов функций передачи и приема сообщений с несоответствующими тэгами идентификации сообщений

Заключение

- Проведен обзор методов отладки параллельных программ в среде Microsoft Visual Studio 2005
- Для приобретения навыков отладки выполнены упражнения:
  - Тестовый локальный запуск параллельных программ,
  - Отладка параллельной программы в Microsoft Visual Studio 2005

Контрольные вопросы

- Как локально протестировать работоспособность параллельной программы, разработанной с использованием библиотеки MS MPI до запуска ее на кластере? Какое программное обеспечение должно быть установлено для этого на Вашей рабочей станции?
- Перечислите и дайте краткое описание основным окнам среды Microsoft Visual Studio 2005, используемым при отладке?
- Что такое и для чего используются точки остановки? Что такое условные точки остановки?
- В чем принципиальная особенность отладки параллельных MPI программ в среде Microsoft Visual Studio 2005?
- Какие типичные ошибки при программировании с использованием технологии MPI Вы знаете?