

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРИД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

А.В. Кузнецов, А.В. Киселев, В.В. Корнеев

Проведение вычислительных экспериментов предполагает выполнение потока заданий, каждое из которых реализует определенную часть общей работы по настройке параметров алгоритмов, программ и аппаратно-программной среды вычислений, подготовке данных, собственно вычислениям, ведению баз данных экспериментов, представлению результатов вычислений, включая их визуализацию в различных аспектах и т.д. Запуск заданий может осуществляться непосредственно пользователем, или же автоматически, после наступления определенных событий (завершения других заданий, наличия требуемых ресурсов, наступления заданного момента времени, получения требуемых данных и т.п.). Наступление определенного события может также являться причиной отмены запуска ранее спланированного задания или прекращения его выполнения, например, если требуемый результат уже получен при выполнении другого задания из потока. В общем случае, можно говорить о наличии связи между заданиями потока по данным и управлению. Иными словами, обработка результатов вычислительных экспериментов может рассматриваться как задача отображения бизнес-процессов на используемые аппаратно-программные ресурсы.

Для реализации программного комплекса проведения вычислительных экспериментов предлагается использовать грид-технологии. Характерной особенностью вычислительных систем (ВС), построенных по этой технологии, является предоставление ресурсов по запросам пользователей без указания точного местоположения требуемых ресурсов (например, сетевых адресов). Воспринимаемый на уровне пользователей грид-системы как единый вычислительный ресурс, этот ресурс фактически состоит из распределенных в сетевой среде ресурсов отдельных вычислительных систем. Объединение на базе технологии грид совокупности вычислительных систем в сетевую среду распределенных вычислений (ССРВ) имеет целью предоставить пользователям прозрачный доступ к вычислительным ресурсам ВС, входящих в ССРВ. Каждая из ВС, ресурсы которых доступны пользователям грид-системы, принадлежит своим владельцам, возможно различным для разных ВС. ССРВ, предназначенная для выполнения сложных научно-технических расчетов в ходе вычислительных экспериментов, должна, во-первых, перераспределять задания пользователей между входящими в ее состав территориально разнесенными вычислительными системами, и, во-вторых, согласованно выделять вычислительные модули, возможно разных вычислительных систем, для исполнения параллельных программ.

В ряде проектов в области грид [1-4] пользователям предоставляется возможность запускать отдельные задания или потоки заданий непосредственно или с помощью скриптов. При этом пользователю необходимо определить очередность выполнения заданий с учетом связей между ними. Использование скриптов позволяет в простых ситуациях осуществлять согласованный запуск последовательности заданий без участия пользователя, но, при большом числе заданий и сложной структуре связей между ними, описание последовательности запуска заданий с помощью скриптов - процесс весьма трудоемкий. Получаемое описание сложно формализовать и анализировать с целью выявления возможных логических ошибок, а также с целью оптимизации планирования заданий в грид. Непродуктивным представляется также подход, в соответствии с которым последовательность запуска заданий определяется программой пользователя, поскольку необходимо учитывать состояния вычислений и ресурсов, и число требующих учета факторов может быть весьма велико. Более приемлемым видится введение специальных средств интеграции программ, соответствующих отдельным заданиям, на уровне доступа к ресурсам ССРВ.

Для выполнения потока связанных заданий необходим «движок», обеспечивающий их скоординированное выполнение. Такой «движок» реализован в предлагаемой ССРВ [5-8]. Системообразующим компонентом ССРВ является ее система управления (СУ), представляющая собой программную надстройку над базовым программным обеспечением ВС, входящих в ССРВ. СУ реализует функции мониторинга, управления ресурсами и заданиями, обеспечения безопасности, взаимодействия с пользователями ССРВ. Задание пользователя может быть назначено для выполнения на одну из ВС ССРВ, если определено отображение учетной записи пользователя ССРВ в локальную учетную запись пользователя, зарегистрированного на этой ВС. СУ осуществляет распределение и балансировку заданий между ВС ССРВ с учетом приоритетов заданий и доступности ресурсов. Выбрав ВС для выполнения задания, СУ ставит его в очередь локальной системы планирования заданий данной ВС. У пользователей также остается возможность непосредственной постановки заданий в очередь локальной системы планирования заданий ВС, минуя СУ ССРВ.

Требования к ресурсам, необходимым для выполнения задания, указываются пользователем в паспорте задания. В рассматриваемой ССРВ предусмотрена возможность указания в паспорте задания того, что оно является частью потока заданий, и описать связи входящих в поток заданий на языке сетей Петри [9]. В Петри-описании переходы сети соответствуют выполняемым заданиям потока, а позиции - условию их запуска. Наличие метки в позиции означает выполнение ассоциированного с данной позицией условия. Метки в выходных позициях перехода формируются по за-

вершении соответствующего переходу задания. Не накладывается никаких ограничений на степень детализации описаний. В частности, допускается использование рекурсивных описаний, когда отдельные переходы сети Петри, являются макропереходами, которым соответствует собственная сеть Петри и т.д.

Петри-описания формируются в графическом редакторе и преобразуются в описания на XML-подобном языке PNML (ISO/IEC-15909). Анализируя PNML-описание сети можно проверить такие ее свойства, как достижимость заданной разметки, живость переходов, ограниченность, безопасность и т.п. PNML-описание передается в качестве входного параметра заданию-интерпретатору, автоматически запускаемому на выполнение в ССРВ, в соответствии с общими правилами запуска заданий.

Выполнение процесса-интерпретатора на вычислительном узле ССРВ как обычного прикладного задания позволяет избежать дополнительной коммуникационной нагрузки на ВС, с которой осуществлялся запуск задания. При вводе на выполнение в ССРВ потока параллельных заданий через одну или разные ВС, процессы-интерпретаторы описаний параллельных заданий будут распределены по доступным ресурсам сетевой среды, что приведет к выравниванию создаваемой коммуникационной нагрузки по ССРВ. Процесс-интерпретатор не является «узким горлом», поскольку моменты его взаимодействия с информационной подсистемой СУ ССРВ для получения данных о завершившихся заданиях, разнесены во времени, так как длительность выполнения заданий, в общем случае, различна.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. I. Foster, C. Kesselman Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit. <http://www.globus.org>
2. <http://grid.ncsa.uiuc.edu/GridShib/>
3. В. Коваленко, Е. Коваленко, Д. Корягин, Э. Любимский, Е. Хухлаев Управление заданиями в распределенной вычислительной среде. // Открытые системы. 2001. № 5-6.
4. A. Avetisyan, S. Gaissaryan, D. Grushin, N. Kuzjurin, A. Shokurov Managing Parallel Computational Tasks in a Grid Environment. //The XIX International Symposium on Nuclear Electronics & Computing. 2003. Bulgaria. Varna.
5. А. Киселев, В. Корнеев, Д. Семенов, И. Сахаров Управление метакомпьютерными системами. //М. Открытые системы. 2005. №2. февраль-март. стр 11-16
6. А. Киселёв, В. Корнеев, А. Баранов, Д. Семёнов Организация управления в сетевой среде распределённых вычислений построенной на основе технологии GRID. //Тезисы докладов Международной конференции «Распределённые вычисления и GRID - технологии в науке и образовании» 29 июня – 2 июля 2004 ОИЯИ г. Дубна.
7. Программные средства системы управления сетевой средой распределенных вычислений. Руководство системного программиста. <http://www.jscs.ru/informat/grid2.zip>
8. Программные средства системы управления сетевой средой распределенных вычислений. Руководство программиста. <http://www.jscs.ru/informat/grid1.zip>
9. А. Киселев Использование сетей Петри для описания потоков связанных заданий в сетевой среде распределенных вычислений. //Труды Второй Всероссийской научной конференции «Методы и средства обработки информации» 2005. 5-7 октября, г. Москва