

Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами*

И. В. ГРИГОРЬЕВА, А. В. ДЕМИДОВ
Кемеровский государственный университет, Россия
e-mail: irene@kemsu.ru, demid@kemsu.ru

This paper addresses remote access software for high performance computer clusters. Software is aimed at providing a user graphic interface to the heterogeneous computational environment. The architecture, structure and main functions of the software are described. Advantages of implementation of this software are discussed.

Введение

Использование кластерных решений в научной и академической среде для проведения численных экспериментов и обучения специалистов привело к появлению практически в каждом вузе гетерогенной вычислительной среды, в которую могут входить кластерные установки или многопроцессорные вычислительные машины разных архитектур, управляемые различными операционными системами. Возникает задача организовать работу в этой среде так, чтобы это было удобно для пользователей и эффективно с точки зрения использования процессорного времени.

Поскольку физический доступ к высокопроизводительным системам во многих случаях ограничен, речь идет о возможностях удаленной работы. Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами, разрабатываемая в рамках вычислительного портала КемГУ, предназначена для объединения разрозненных вычислительных ресурсов в единую вычислительную среду и обеспечения удобного пользовательского интерфейса для доступа к этим ресурсам, который не требовал бы от пользователей изучения специфических команд различных операционных систем, управляющих каждым из вычислительных узлов. Эта система предоставляет единый графический интерфейс пользователя для работы с вычислительными ресурсами. С помощью системы пользователь может разместить код своих параллельных программ, написанных с использованием библиотеки MPI [1], в хранилище данных, сгенерировать исполняемый код и задание на счет, поставить его в очередь заданий на один из вычислительных ресурсов, а также получить результаты расчетов.

Система является частью портала параллельных вычислений, который кроме самой системы удаленного доступа содержит обширный набор полнотекстовых ресурсов по тематике параллельных вычислений, сервер конференций по параллельным вычислениям, а также библиотеку параллельных программ для численного моделирования

*Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2008 годы)" (грант № РНП 3.2.3.4256).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2008.

задач гидродинамики со свободными границами HydroParaLib, разработанную в Кемеровском государственном университете.

Портал и система удаленного доступа как его составная часть предназначены для научных работников, преподавателей и студентов, ведущих исследования в области параллельных вычислений.

Основные функции системы удаленного доступа:

- хранение информации о доступных вычислительных ресурсах и отслеживание их текущего состояния;
- хранение исходных кодов программ пользователей, файлов начальных данных и результатов расчетов;
- компиляция исходных кодов программ;
- запуск расчетов на удаленных вычислительных ресурсах;
- отслеживание состояния запущенных программ;
- получение файлов результатов расчетных программ.

При решении поставленных задач система должна удовлетворять таким требованиям, как:

- *надежность* — система устойчива к возможным аппаратным и программным ошибкам;
- *целостность* — информация, обрабатываемая системой, должна быть достоверной и точной, защищенной от возможных непреднамеренных и злоумышленных искажений;
- *доступность (готовность)* — информация и соответствующие автоматизированные службы должны быть доступны, готовы к работе всегда, когда в них возникает необходимость;
- *конфиденциальность* — засекреченная информация должна быть доступна только тому, кому она предназначена;
- *эффективность* — система оптимизирует очередность запуска программ с целью повышения эффективности использования вычислительных ресурсов;
- *удобство использования* — работа с системой происходит посредством графического интерфейса.

1. Архитектура системы

Поскольку требуется обеспечить одновременную работу нескольких пользователей с системой, наиболее оптимальна трехзвенная архитектура “клиент — сервер — сервер” (рис. 1).

Так как система является частью портала параллельных вычислений, пользователь должен взаимодействовать с системой посредством веб-браузера. В качестве хранилища данных выступает СУБД Oracle, а связующим звеном браузера пользователя и хранилища является веб-сервер приложений Tomcat, который осуществляет динамическую генерацию страниц с использованием пакета KemsuWeb, разработанного в ЦНИТ КемГУ [2]. Такая архитектура позволяет работать с системой из любой точки, имеющей выход в Интернет, а также обеспечивает независимость от платформы и минимальные системные требования к аппаратному обеспечению пользователя. Менеджер вычислительных ресурсов осуществляет передачу файлов и запросов на генерацию исполняемого кода и выполнение расчетов из хранилища данных агентам, размещенным



Рис. 1. Структура системы удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами

на вычислительных кластерах, а также прием результатов расчетов и размещение их в хранилище данных. Далее приводится описание каждого компонента системы.

Клиент. В качестве клиента в данном случае выступает веб-браузер. Сервер параллельных вычислений доступен по адресу `icp.kemsu.ru`. Перейти к системе удаленного доступа можно, воспользовавшись пунктом меню “Сервер удаленных вычислений”. Незарегистрированные пользователи могут посмотреть список доступных вычислительных ресурсов и очереди заданий на них. Зарегистрированным пользователям предоставляются основные формы для работы с системой.

- Группа форм управления проектами, используя которую, пользователь может создавать, редактировать и удалять свои проекты, состоящие из make-файла и набора файлов исходного кода на языках Fortran, C или C++, а также наборов файлов данных для расчетов, которые необходимо структурировать по сериям расчетов. Из этих форм пользователь может создать выполняемый код проекта, сформировать задания и поставить их в очередь на счет на один из доступных вычислительных ресурсов. После того как расчеты выполнены, результаты расчетов автоматически помещаются в соответствующие серии расчетов. Из этой формы пользователь также может получить результаты расчетов.

- Форма управления очередью позволяет пользователю отслеживать состояние своих заданий в общей очереди заданий, а также снять задание из очереди в случае необходимости.

Веб-сервер. На стороне веб-сервера Tomcat осуществляется динамическая генерация xhtml-страниц, для этого используется библиотека KemSUWeb, которая обеспечивает единую среду создания приложений, основанных на трехуровневой архитектуре в среде Интернет за счет адаптеров, которые удовлетворяют различные потребности разработчика: в операциях с БД, в защите информации, в управлении ходом приложения. Доступ ко всем подсистемам портала параллельных вычислений осуществляется через единую систему безопасности, что позволяет пользователю, зарегистрировавшись в системе, получить доступ ко всем его функциям в рамках имеющихся привилегий.

Хранилище данных содержит файлы и метаданные, необходимую для организации проведения расчетов. Структура пользовательских объектов в системе представлена на рис. 2. Основным пользовательским объектом в системе является проект, который содержит make-файл и исходный код программы, создаваемый системой исполняемый код и наборы начальных данных, из которых формируются серии расчетов [3]. Для каждого расчета после его обработки на вычислительном кластере в хранилище размещаются файлы с результатами расчетов.

Менеджер вычислительных ресурсов. Основная работа по взаимодействию с удаленными кластерами возложена на менеджера вычислительных ресурсов, который реализован в виде программы на языке C++ и использует интерфейс ОССІ (Oracle C++ Call Interface) для связи с хранилищем данных и TCP-сокеты для связи с удаленными ресурсами [4]. Периодически просматривая базу данных, менеджер выбирает из нее новые задания на компиляцию программ и запуск расчетов. При обращении удаленного ресурса менеджер обновляет информацию об его текущем состоянии в базе данных и при наличии задания для этого ресурса выполняет передачу файлов и команд по их обработке. Кроме того, менеджер запрашивает у ресурса информацию о состоянии ранее запущенных на нем заданий и также заносит эту информацию в базу данных. При завершении какого-либо задания на ресурсе менеджер запрашивает у ресурса файлы результатов (это могут быть результаты расчетов, исполняемый код либо текстовый файл с сообщениями об ошибках) и размещает эти файлы в базе данных.

Удаленный агент — программа на языке C++, устанавливаемая на каждый удаленный вычислительный ресурс для связи с менеджером [4]. Агент отслеживает состояние кластера (количество и загрузку узлов, количество запущенных задач) и пе-

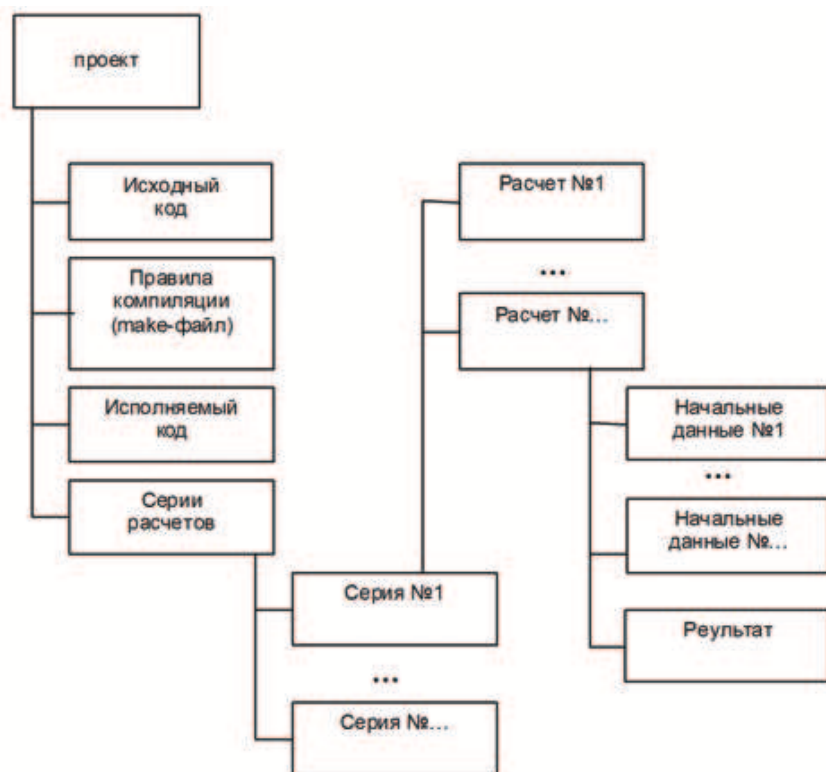


Рис. 2. Структура пользовательских данных в хранилище

риодически выполняет подключение к серверу для передачи информации о состоянии управляемого им ресурса. При подключении агент выполняет все команды сервера, связанные с приемом и передачей файлов, запуском и остановом заданий. Агент общается с сервером по собственному протоколу через TCP-сокеты, что позволяет серверу абстрагироваться от специфики архитектур и команд удаленных ресурсов, поскольку эту специфику реализует агент.

Заключение

Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами объединяет разрозненные вычислительные ресурсы в единую вычислительную среду и предоставляет единый интерфейс пользователя для работы с доступными вычислительными ресурсами. Архитектура системы является трехзвенной. Построенная таким образом система удовлетворяет всем разработанным требованиям. Система представляет собой часть информационно-вычислительного портала, создаваемого в ЦНИТ КемГУ, который является единым пространством для организации учебной и научной деятельности вуза в сфере решения различных задач: использование вычислительного эксперимента, организация научных конференций, хранение информационных ресурсов по тематике параллельных вычислений, а также информационная поддержка сообщества преподавателей, студентов и исследователей, работающих в области параллельных вычислений.

Список литературы

- [1] Афанасьев К.Е., Домрачев В.Г., Ретинская И.В. и др. Многопроцессорные системы: построение, развитие, обучение / Под ред. А.Н. Тихонова. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. 224 с.
- [2] Гудов А.М., Ростовцев Е.А. Об одной технологии создания web-интерфейса к программному обеспечению // Информационные недра Кузбасса: Тр. III регион. научно-практич. конф. Кемерово: ИНТ, 2004. С. 84–88.
- [3] Афанасьев К.Е., Гудов А.М. Информационные технологии в численных расчетах. Кемерово, 2001. 203 с.
- [4] Демидов А.В., Буслов Е.В., Поспелов М.А. Система удаленного доступа и управления вычислительными ресурсами // Гидродинамика больших скоростей и численное моделирование: Матер. третьей Междунар. летней шк. Кемерово: ИНТ, 2006. С. 365–370.

Поступила в редакцию 28 марта 2008 г.