

СЕРВИСНО ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Г.И. Радченко

Системы компьютерного проектирования (CAE - Computer Aided Engineering), ориентированные на разработку сложных технологических процессов, конструкций, и материалов, являются сегодня одним из ключевых факторов обеспечения конкурентоспособности любого высокотехнологического производства. Использование таких систем дает возможность проводить виртуальные эксперименты, которые в реальности выполнить затруднительно или невозможно. Это позволяет значительно повысить точность анализа вариантов проектных решений и в десятки раз сократить путь от генерации идеи до ее воплощения в реальном промышленном производстве [1].

Точность результатов компьютерного моделирования во многом зависит от степени детализации сеток, используемых для проведения вычислительных экспериментов. На сегодняшний день размер сеток, используемых в задачах инженерного анализа, может составлять десятки миллионов элементов [2]. В связи с этим постоянно возрастает вычислительная сложность задач, и требуются значительные вычислительные ресурсы для выполнения инженерного моделирования. Решение этой проблемы заключается в использовании многопроцессорных систем. Практически все современные CAE-пакеты имеют параллельные реализации для многопроцессорных систем, в том числе и для систем с кластерной архитектурой.

На сегодняшний день процесс решения задач инженерного проектирования с использованием суперкомпьютерных ресурсов для рядового пользователя сопряжен с определенными трудностями. С одной стороны, от него требуется наличие специфических знаний, умений и навыков в области высокопроизводительных вычислений, таких как: архитектура суперкомпьютеров, навыки работы в Unix-подобных операционных системах, настройка и администрирование удаленного доступа, умение работать с очередями приложений и др. С другой стороны, современные системы инженерного проектирования представляют собой многофункциональные программные комплексы, состоящие из множества отдельных программных подсистем со сложным пользовательским интерфейсом [3, 4]. Для решения задач инженерного проектирования пользователю требуется изучить интерфейс и особенности работы всех программных компонентов, входящих в технологический цикл решения задачи (формирование геометрии задачи, генерация вычислительной сетки, определение граничных условий, проведение компьютерного моделирования, визуализация и анализ результатов решения). Проблема сопряжения компонент существенно усложняется при использовании одновременно двух и более различных инженерных пакетов для решения одной задачи. Все эти факторы затрудняют широкое внедрение систем компьютерного инженерного проектирования в практику НИОКР.

Еще одним важным фактором, препятствующим быстрому внедрению систем инженерного проектирования на промышленных предприятиях, является высокая стоимость приобретения, владения и поддержки суперкомпьютерных систем. Для создания суперкомпьютерного центра по инженерному проектированию необходимо:

1. подготовить помещение и инфраструктуру для суперкомпьютерной системы;
2. подготовить персонал для поддержки и администрирования супер-компьютерной системы;
3. приобрести суперкомпьютер, на базе которого будет производиться моделирование и анализ продукции;
4. приобрести лицензии на пакеты инженерного проектирования;
5. обучить пользователей работе с суперкомпьютером и инженерными пакетами.

Каждый этап данного процесса требует значительных материальных и людских ресурсов. По этой причине руководители предприятий часто ставят под сомнение целесообразность внедрения систем инженерного проектирования в заводских лабораториях.

Рациональной альтернативой созданию собственного суперкомпьютерного центра является аренда вычислительных и программных ресурсов в режиме удаленного доступа у центров коллективного пользования, функционирующих при крупных университетах, академических институтах и других организациях. Однако при этом возникает целый комплекс проблем, связанных с обеспечением безопасности вычислительных систем и данных.

Указанный комплекс проблем можно решить посредством применения концепции грид вычислений (Grid Computing) [5] и родственной ей концепции облачных вычислений (Cloud Computing) [6, 7] в соответствие с которыми, пользователю предоставляется конечный проблемно-ориентированный сервис, обеспечивающий решение задач на базе ресурсов распределенных вычислительных систем.

В качестве перспективного подхода к решению задач внедрения современных CAE-систем в распределенные вычислительные среды, предлагается оригинальная технология CAEBeans [8, 9]. В основе

технологии CAEBeans лежит обеспечение сервис-ориентированного предоставления программных ресурсов базовых компонентов CAE-систем и формирование иерархий проблемно-ориентированных оболочек, инкапсулирующих процедуру постановки и решения определенного класса задач. Технология CAEBeans регламентирует процесс декомпозиции задачи в иерархию подзадач; поиск вычислительных ресурсов; сопоставление задачам соответствующих базовых компонент CAE-систем; мониторинг хода решения задач; передача результатов решения задач пользователю.

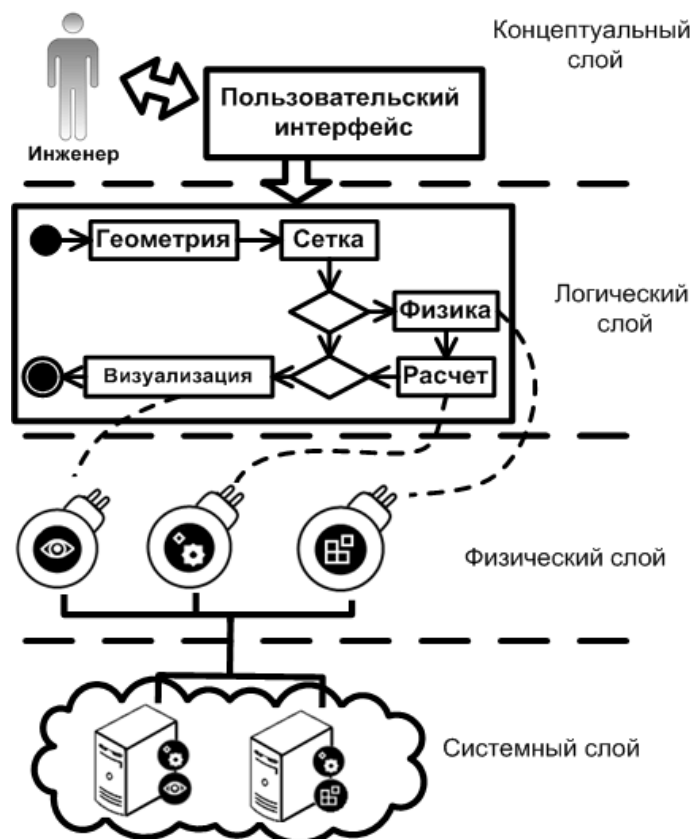


Рис. 1. Архитектура слоев технологии CAEBeans

Архитектура CAEBeans формируется из четырех слоев: концептуального, логического, физического и системного [8].

Концептуальный слой архитектуры формируется на основе оболочек CAEBeans которые мы будем называть проблемными. Пользовательский интерфейс, предоставляемый проблемным CAEBean, является основным средством взаимодействия с системой CAEBeans, посредством которого пользователь может произвести постановку инженерной задачи; проследить за ходом решения поставленной задачи; получить требуемые результаты решения.

Процесс постановки задачи посредством проблемного CAEBean сводится к указанию значений входных параметров, характеризующих задачи соответствующего класса. Проблемный CAEBean скрывает от пользователя распределенный характер вычислительной среды, структуру аппаратных, программных и лицензионных ресурсов. Также технология CAEBeans предусматривает возможность формирования дерева проблемных CAEBeans. Это позволяет организовать подстройку проблемных CAEBeans под возможную конкретизацию базовой общей задачи в соответствии с требованиями конечных пользователей. При постановке пользователем задачи, соответствующий проблемный CAEBean формирует полный дескриптор задачи. При этом не делается различий между тем, указывал ли пользователь значение данного параметра явно, или же оно было тем или иным способом вычислено соответствующим проблемным CAEBean. Набор параметров, составляющих полный дескриптор задачи, одинаков для всех проблемных CAEBean, входящих в одно дерево проблемных оболочек.

Сформированный полный дескриптор задачи передается в потоковый CAEBean, представляющий логический слой CAEBeans реализует логический план системы CAEBeans. Потоковый CAEBean решает определенный класс задач компьютерного моделирования. При получении полного дескриптора задачи, потоковый CAEBean распределяет массив переданных параметров по блокам операций логического плана решения задачи. В процессе решения задачи, потоковый CAEBean, «руководствуясь» планом решения задачи, передает параметры подзадачи соответствующим компонентным CAEBean и получает от них результаты решения соответствующих подзадач.

Внедрение физического слоя в архитектуру CAEBeans позволяет обеспечить универсальность применения совместимых базовых компонентов для решения одинаковых подзадач. Возможность применения того или иного базового компонента для решения определенной подзадачи зависит только от возможности реализации компонентного CAEBean, транслирующего постановку подзадачи в соответствующую компонентно-ориентированную форму.

Системным CAEBean называется оболочка, инкапсулирующая функциональные возможности конкретного базового компонента и обеспечивающая сервис ориентированный подход к постановке задач и получению результатов. Системный CAEBean, реализованный для конкретного базового компонента, является его «представителем» в вычислительной грид-среде. Исследования, проведенные в работах [10,11], показали, что практически во всех случаях современными инженерными системами поддерживается широкий спектр различных методов управления процессом постановки и решения задач.

Система CAEBeans представляет собой совокупность программных средств, баз данных и аппаратных ресурсов, направленных на поддержку технологии CAEBeans [9]. В состав системы CAEBeans входят следующие компоненты [12]:

1. CAEBeans Constructor – интегрированная среда разработки проблемно-ориентированных оболочек для грид;
2. CAEBeans Portal [13] – это web-приложение, обеспечивающее выбор, загрузку, запуск и получение результатов моделирования CAE-задач;
3. CAEBeans Server – хранилище и интерпретатор CAE-проектов;
4. CAEBeans Broker [14] – автоматизированная система регистрации, анализа и предоставления CAE-ресурсов;
5. CAE-ресурсы – грид-сервисы, обеспечивающие удаленную постановку и решение задач средствами некоторого инженерного пакета на базе конкретной целевой системы.

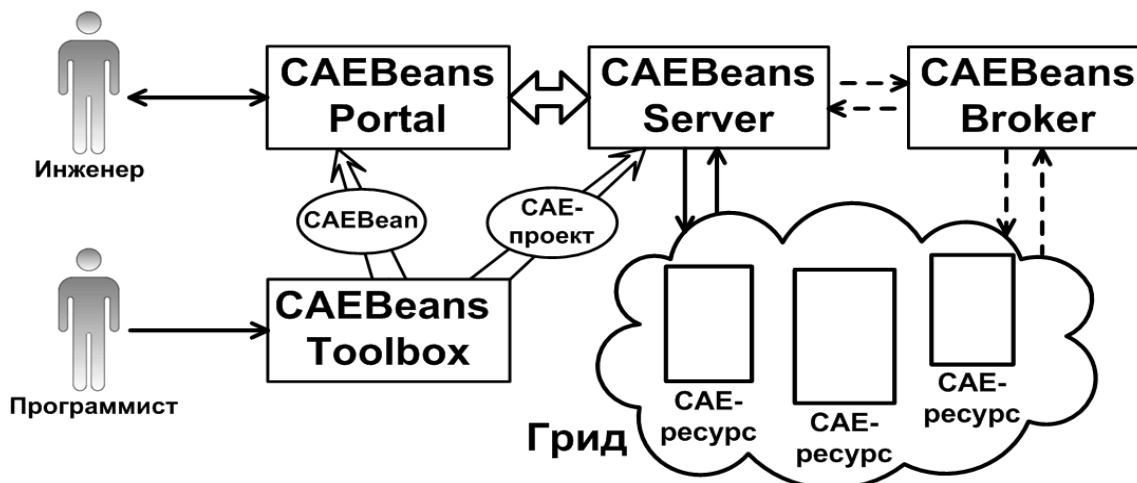


Рис. 2. Компоненты системы CAEBeans.

CAEBeans Constructor – это интегрированная среда разработки CAE-проектов. CAEBeans Constructor предоставляет программисту пользовательский интерфейс для разработки проблемно-ориентированных оболочек CAEBeans концептуального, логического и физического уровней. В соответствии с этим, пользовательский интерфейс, обеспечивающий разработку CAE-проектов в среде CAEBeans Constructor, разделен на 3 секции, обеспечивающих разработку проблемных, логических и физических оболочек CAEBean соответственно.

CAEBeans Portal – это web-приложение, доступное через интернет, обеспечивающее пользовательский интерфейс для постановки и решения задач инженерного анализа средствами системы CAEBeans. Данная система обеспечивает аутентификацию пользователей системы CAEBeans и предоставление пользовательского интерфейса постановки и решения задач инженерного проектирования в виде виртуальных испытательных стендов, формируемых на базе проблемных CAEBeans.

CAEBeans Server – это грид-служба, отвечающая за хранение и интерпретацию CAE-проектов. CAEBeans Server обеспечивает получение значений параметров, указанных пользователем в системе CAEBeans Portal, инициацию исполнения поткового и компонентных оболочек CAEBean, постановку задач системным CAEBean и получение результатов решение всех этапов задач. В процессе исполнения CAE-проекта

CAEBeans Broker обеспечивает автоматизированную регистрацию, поиск и выделение CAE-ресурсов для решения подзадач инженерного моделирования. CAEBeans Broker отвечает за обработку каталога CAE-ресурсов грид-среды, анализ запросов на предоставление ресурсов, поступающих от CAEBeans Server, сбор и предоставление информации об актуальном состоянии грид-среды [14]. В основе архитектуры брокера ресурсов

лежит система очередей задач и виртуализации ресурсов суперкомпьютерных систем, обеспечивающая оптимизацию нагрузки грид-узлов.

CAE-ресурсом называется системный CAEBean, установленный на определенном грид-узле и предоставляющий ресурсы некоторого инженерного пакета на базе конкретной целевой системы. CAE-ресурс обеспечивает получение данных для решения задачи средствами базового инженерного пакета из CAEBeans Server или внешнего источника данных, запуск и автоматизированное решение задачи инженерного моделирования, передачу результатов решения CAEBeans Server или во внешнее хранилище данных.

В настоящее время, разработанная система используется для решения практических производственных задач. В рамках контракта с Челябинским Трубопрокатным заводом разработан виртуальный испытательный стенд для решения задачи моделирования оваллизации труб при закалке [13]. Оболочки, составляющие виртуальный испытательный стенд, инкапсулируют процесс решения задачи в рамках функциональных возможностей пакета инженерного проектирования DEFORM. Моделирование поставленных задач производится вычислительными средствами Суперкомпьютерного центра Южно-Уральского государственного университета.

В статье приведена архитектура технологии CAEBeans, формируемая из концептуального, логического, физического и системного слоев. Дано описание системы CAEBeans, обеспечивающей поддержку разработанной технологии, и состоящей из систем CAEBeans Constructor, CAEBeans Portal, CAEBeans Server, CAEBeans Broker, CAE-ресурсов. Приведен пример использования технологии и системы CAEBeans для решения практических задач. В качестве основного направления дальнейших работ можно выделить исследование возможностей внедрения систем многокритериальной оптимизации в автоматизированный процесс решения задач инженерного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Raphael B., Smith I.F.C. Fundamentals of computer aided engineering. John Wiley, 2003. 306 p.
2. Бегунов А.А. Применение результатов моделирования для оптимизации и управления технологическими процессами // Параллельные вычислительные технологии: тр. Междунар. науч. конф. (28 янв. – 1 февр. 2008 г., г. Санкт-Петербург). Челябинск: Изд. ЮУрГУ. 2008. С. 31-38.
3. Buriola T. M., Scheer S. CAD and CAE Integration Through Scientific Visualization Techniques for Illumination Design // Tsinghua Science & Technology. Vol. 13, No. 1. 2008. P. 26-33.
4. Chao K.-M., Younas M., Griffiths N. BPEL4WS-based coordination of Grid Services in design // Computers in Industry. Vol. 57. 2006. P. 778-786.
5. Foster I., Kesselman C. The Grid. Blueprint for a new computing infrastructure. San Francisco: Morgan Kaufman, 1999. 677 p.
6. Hayes B. Cloud computing // Communication of the ACM. Vol. 51. Issue 7. 2008. P. 9-11.
7. Weiss A. Computing in the Clouds // netWorker. № 11(4). 2007. P. 16-25.
8. Радченко Г.И., Соколинский Л.Б. Технология построения виртуальных испытательных стендов в распределенных вычислительных средах // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. № 54. 2008. С. 134-139.
9. Радченко Г.И. Технология построения проблемно-ориентированных иерархических оболочек над инженерными пакетами в грид-средах // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 4(34). С. 57-61.
10. Радченко Г.И., Соколинский Л.Б., Шамакина А.В. Разработка компонентно-ориентированных CAEBean-оболочек для пакета ANSYS CFX // Параллельные вычислительные технологии: тр. междунар. науч. конф. (28 янв. - 1 февр. 2008 г., г. Санкт-Петербург), 2008. С. 438-443.
11. Насибулина Р.С., Репина К.В., Шамакина А.В., Федянин О.Н., Бухарин Н.И. Методы организации программных интерфейсов к инженерным пакетам в среде GPE // Параллельные вычислительные технологии: тр. междунар. науч. конф. (28 янв. - 1 февр. 2008 г., г. Санкт-Петербург), 2008. С. 537.
12. Радченко Г.И. Грид-система CAEBeans: интеграция ресурсов инженерных пакетов в распределенные вычислительные среды // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта - 3 апреля 2009 г.). Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. С. 281-292.
13. Дорохов В.А. Разработка виртуального испытательного грид-стенда для исследования эффекта оваллизации труб при термической обработке // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30 марта - 3 апреля 2009 г.). Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. С. 457-462.
14. Шамакина А.В. Организация брокера ресурсов в системе CAEBeans // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия "Математическое моделирование и программирование". 2008. № 27(127). Вып. 2. С. 110-116.