

ОРГАНИЗАЦИЯ БРОКЕРА РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ CAEBEANS

А.В. Шамакина

ORGANIZATION OF THE RESOURCES BROKER IN THE CAEBEANS SYSTEM

A. V. Shamakina

Представлена организация брокера ресурсов в системе CAEBEANS. Технология CAEBEANS предназначена для построения иерархии проблемно-ориентированных грид-оболочек CAEBEANS над инженерными пакетами. Дано описание алгоритма работы брокера ресурсов. Представлены структура XML-запросы CAEBEANS Server к брокеру ресурсов и алгоритмы планирования.

Ключевые слова: CAE, CAEBEAN, грид-оболочка, сервисно-ориентированная архитектура, системный слой, брокер ресурсов

We present the organization of resources broker in the CAEBEANS system. The CAEBEANS is destined for problem-oriented grid-shells hierarchy building over the CAE. We describe the algorithm of work of the resource broker. We consider the structure of XML-queries from the CAEBEANS Server to the resource broker and algorithms of planning.

Keywords: CAE, CAEBEAN, grid-shell, service-oriented architecture, system layer, resources broker

Введение

В настоящее время все большее распространение получают глобальные вычислительные сети Grid. Они были предложены в качестве новой парадигмы для решения крупномасштабных вычислительных задач в науке, технике и бизнесе. Это связано с тем, что сети Grid дают возможность одновременного использования миллионов вычислительных ресурсов, принадлежащих различным организациям и расположенных в различных административных областях. Системы Grid объединяют разнородные вычислительные ресурсы (персональные компьютеры, рабочие станции, кластеры, суперкомпьютеры), используя разные стратегии доступа к ним, выполняя различные приложения (научные, инженерные и коммерческие), предъявляющие к системе различные требования. Ресурсы принадлежат различным организациям, имеющим свои правила управления ресурсами, их использования и определения их стоимости для различных пользователей в различное время. Доступность и загруженность ресурсов также может динамически изменяться во времени.

В окружении Grid владельцы и потребители ресурсов имеют различные цели, используют различные стратегии и экономические схемы регулирования спроса и предложения. Таким образом, актуальной проблемой является разработка систем управления ресурсами Grid, нацеленных на оптимизацию отношений между владельцами

ресурсов и пользователями в соответствии с выбранными ими стратегиями [1]. Для решения этой проблемы создаются системы управления ресурсами Grid [2].

Однако ни одна из ранее созданных систем управления ресурсами не удовлетворяет специфике системы CAEBeans [3, 4], в рамках которой необходимо учитывать не только характеристики ресурсов, но и наличие установленных инженерных пакетов, количество доступных лицензий на них и др. В системе CAEBeans в качестве Grid Middleware был выбран Unicore 6.0 [5].

Брокер ресурсов принимает задания от CAEBeans Server, согласовывает требования к ресурсам и направляет задания на подходящий вычислительный элемент. Можно выделить следующие основные задачи брокера ресурсов: обработка каталога ресурсов грид-среды; анализ запросов на предоставление ресурсов, поступающих от CAEBeans Server; сбор и предоставление информации об актуальном состоянии грид-среды [6]. В работе предложены новый алгоритм работы брокера ресурсов и алгоритмы планирования.

Статья организована следующим образом. В разделе 1 приводится описание основных концепций технологии CAEBeans, рассматриваются основные особенности слоистой архитектуры системы CAEBeans. Раздел 2 посвящен краткому описанию структуры системы CAEBeans. В разделе 3 приведен алгоритм работы брокера ресурсов в системе CAEBeans. В заключении суммируются основные результаты и описаны направления дальнейшей работы.

1. Технология CAEBeans

В работе [7] описана технология CAEBeans, которая ориентирована на инкапсуляцию и предоставление ресурсов CAE-пакетов в рамках грид-среды. В основе данного подхода лежит процесс построения дерева проблемно-ориентированных оболочек CAEBeans над CAE пакетом на основе классификации типовых задач.

Архитектура системы CAEBeans формируется из четырех слоев: концептуального, логического, физического и системного. Каждый слой системы формируется из оболочек CAEBeans соответствующего типа: проблемный, потоковый, компонентный и системный.

Проблемный CAEBean предназначен для взаимодействия пользователя с системой CAEBeans. Посредством пользовательского интерфейса проблемного CAEBean пользователь может произвести постановку инженерной задачи; проследить за ходом решения поставленной задачи; получить требуемые результаты решения.

Потоковый CAEBean реализует логический план решения определенного класса задач компьютерного моделирования. Логический план решения задачи представляет собой ориентированный граф, в вершинах которого могут находиться блоки двух типов: подзадачи, выполняемые отдельными базовыми компонентами и специальные служебные операции управления потоком решения задачи.

Компонентный CAEBean инкапсулирует процесс постановки и решения конкретной подзадачи компьютерного моделирования посредством определенного базового компонента.

Системный CAEBean инкапсулирует функциональные возможности конкретного базового компонента, обеспечивает сервисно-ориентированный подход к постановке задач и получению результатов.

2. Структура системы CAEBeans

Системой CAEBeans будем называть совокупность программных средств, данных и аппаратных ресурсов, ориентированных на поддержку технологии CAEBeans. Программные средства, входящие в систему CAEBeans, должны обеспечить техническую поддержку процессов создания, модификации и использования оболочек CAEBeans. Возможно

выделить следующие основные программные продукты, входящие в состав системы CAEBeans.

- **CAEBeans-портал** – web-портал, предназначенный для постановки пользователями задачи в системе CAEBeans.
- **CAEBeans Server** – web-сервис XML, который обеспечивает выполнение задачи пользователя, отвечает за хранение и интерпретацию CAE-проектов.
- **CAEBeans брокер** – автоматизированная система регистрации, анализа и предоставления ресурсов распределенной вычислительной среды.

На рис. 1 приведены основные компоненты системы CAEBeans. Пользователь проходит аутентификацию на CAEBeans-портале, выбирает необходимый проект из списка доступных для выполнения проектов. Автоматически генерируется web-форма для потокового CAEBeap данного проекта. Пользователь указывает параметры задачи и производит постановку задачи на выполнение. Данные web-формы передаются CAEBeans Server, который находит в своей базе данных проект CAEBeap, соответствующий проблемному CAEBeap пользователя. Затем CAEBeans Server выполняет потоковый CAEBeap из проекта: формирует и делает постановку подзадачи на CAE-ресурс. Для получения ресурсов, необходимых для решения каждой конкретной подзадачи CAEBeans Server взаимодействие с брокером CAEBeans. После получения результатов решения CAEBeans Server передает их пользователю по его запросу.

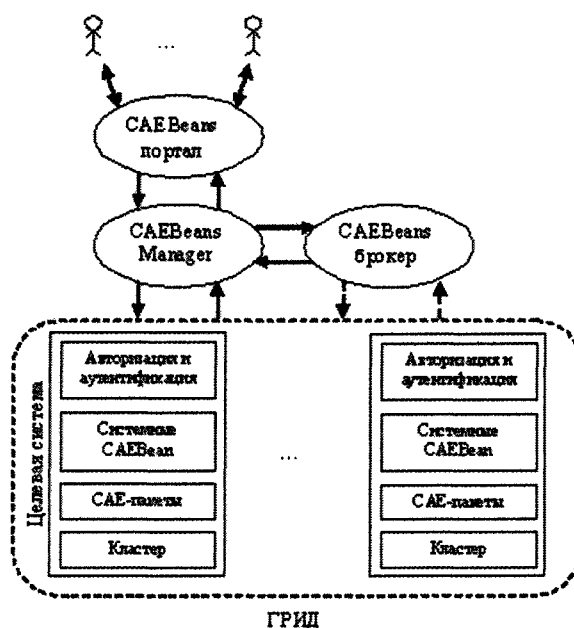


Рис. 1. Взаимодействие основных компонентов системы CAEBeans

3. Алгоритм работы брокера ресурсов

Брокер ресурсов выступает в качестве промежуточного звена между CAEBeans Server и грид-средой, обеспечивающего поиск и предоставление ресурсов, оптимальных для решения данной подзадачи.

Каталог ресурсов – это база данных, которая хранится на web-сервере и содержит информацию о целевых системах, лицензиях и задачах пользователей. С каталогом ресурсов работают непосредственно брокер ресурсов и администратор каталога ресурсов.

Под *целевой системой* будем понимать совокупность аппаратных ресурсов вычислительной системы, операционной системы, инженерных пакетов и системных CAEBean, которые играют роль грид-оболочек над инженерными пакетами.

На целевой системе в качестве Grig Middleware должен быть установлен Unicore 6.0. Тогда *системный CAEBean* – это вид сервиса Unicore, предназначенный для работы с инженерными пакетами, на данной целевой системе.

Для выполнения расчетов с использованием инженерных пакетов необходима *лицензия*. Лицензия дает возможность выполнять отдельные функции, например, построение сетки в параллельном режиме, запуск решателя в параллельном режиме и др. Лицензия хранится на сервере лицензий, который в общем случае, может находиться вне целевой системы.

Каталог ресурсов хранит информацию о задачах пользователей, которые выполняются или стоят в очереди, ожидая необходимые им ресурсы.

Рассмотрим более подробно схему выделения и использования ресурсов грид-среды с участием брокера ресурсов (см. рис. 2).

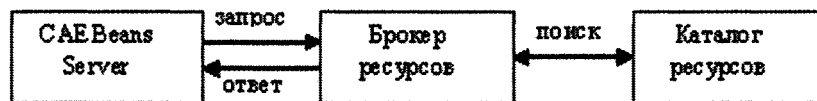


Рис. 2. Схема работы брокера ресурсов

1. CAEBeans Server производит запрос к брокеру ресурсов на предоставление ресурса.
2. Брокер ресурсов производит запрос к каталогу ресурсов, формируя список целевых систем, характеристики которых удовлетворяют заявленным обязательным требованиям задачи. Затем на основе заданного алгоритма поиска выбирается одна целевая система, ее ресурсы маркируются в каталоге ресурсов как занятые. Если все целевые системы заняты, то брокер ресурсов ставит задачу в очередь.
3. Брокер ресурсов передает URL целевой системы и имя сервиса CAEBeans Server.
4. CAEBeans Server обращается к предоставленным ресурсам.
5. Дальнейший процесс постановки, решения и получения результатов происходит напрямую, между CAEBeans Server и предоставленным ресурсом без участия брокера.
6. После получения результатов вычисления CAEBeans Server производит освобождение ресурса и извещение брокера об его освобождении.

Брокер ресурсов реализуется в виде web-сервиса XML. Web-сервис XML – это программный компонент, который позволяет создавать независимые от платформы масштабируемые и слабосвязанные приложения. Благодаря Web-сервисам XML приложения могут обмениваться сообщениями с использованием стандартных протоколов, таких как HTTP, XML, XSD, SOAP и WSDL.

Для взаимодействия с брокером ресурсов вводятся методы, которые делятся на две группы: методы, предназначенные для работы администратора с каталогом ресурсов, и методы для работы CAEBeans Server с брокером.

Методы брокера ресурсов для администратора каталога ресурсов:

- addTargetSystem(TargetSystem target)– добавление в каталог ресурсов новой целевой системы;
- delTargetSystem(TargetSystem target)– удаление из каталога ресурсов целевой системы;
- addLisence(Lisence lisence) – добавление в каталог ресурсов новой лицензии;
- delLisence(Lisence lisence) – удаление из каталога ресурсов лицензии.

Методы брокера ресурсов для взаимодействия с CAEBeans Server:

- queryResource(Query query) – поиск и захват подходящих ресурсов;
- unlockResource(Task task) – освобождение ресурса.

Запрос CAEBeans Server к брокеру ресурсов является XML-файлом и содержит следующую информацию: уникальный идентификатор задачи, список необходимых лицензий, имя системного CAEBean, время необходимое для решения задачи в секундах, оптимальную конфигурацию (количество ядер, объем оперативной памяти), минимальную конфигурацию.

Минимальная конфигурация аппаратных средств – это возможные отступления от необходимых для выполнения задачи требований. Если минимальная конфигурации не указана в запросе CAEBeans Server, то брокер ресурсов принимает в качестве нее оптимальную конфигурацию.

В случае, когда в запросе к CAEBeans брокеру информация указана не полностью, принимаются значения по умолчанию. На рисунке 3 приведен пример запроса CAEBeans Server.

```
<query>
  <id_task>3564</id_task>
  <lisence>ANSYS Academic Research</lisence>
  <system_CAEBean>Tube_CAEBean</system_CAEBean>
</query>
```

Рис. 3. Запрос CAEBeans Server к брокеру ресурсов

На рисунке 4 представлена XML-схема корректных XML-запросов.

```
<?xml version="1.0"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<xs:element name="query" type="Tquery"/>

<xs:complexType name="Tquery">
  <xs:all>
    <xs:element name="id_task" type="xs:string" use="required"/>
    <xs:element name="lisence" type="xs:string" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xs:element name="timeout" type="xs:decimal" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
    <xs:element name="count_nodes" type="xs:decimal"/>
    <xs:element name="memory_RAM" type="xs:decimal"/>
  </xs:all>
</xs:complexType>
</xs:schema>
```

Рис. 4. XML-схема корректных XML-запросов

Каждая целевая система характеризуется статическими и динамическими свойствами. Статические свойства описывают целевую систему как совокупность аппаратных средств,

платформы и программного обеспечения, а динамические указывают на загруженность целевой системы в конкретный период времени.

К статическим свойствам целевой системы относятся название целевой системы, URL целевой системы, операционная система, список системных CAEBean, количество ядер, объем дискового пространства, объем оперативной памяти, частота CPU. Динамические свойства целевой системы – это количество свободных ядер.

Лицензия инженерного пакета имеет следующие характеристики: название лицензии; список системных CAEBean, для которых лицензия предназначена; наибольшее количество процессоров, которые могут быть использованы по лицензии; статус лицензии (принимает значения «занята» или «свободна») и целевая система, которой лицензия принадлежит.

Брокер ресурсов осуществляет поиск подходящей для задачи целевой системы и возвращает ее URL и название сервиса Unicore. Информация о задачах, которые выполняются на целевых системах, сохраняется брокером ресурсов в базе данных. Она необходима для сбора статистики и прогнозирования общего времени получения результата для постановки новой задачи.

Задача в каталоге ресурсов имеет следующие свойства: уникальный идентификатор задачи; время постановки задачи; максимальное время выполнения задачи, по истечении которого задача освобождает занимаемые ею ресурсы; уникальный номер лицензии, с которой задача работает; уникальный номер целевой системы и количество ядер, на которых выполняется задача.

Поиск ресурсов, удовлетворяющих требованиям задачи, может производиться по различным алгоритмам: случайным образом или аналитически на основе расчета общего времени получения результата (TTD – Total Time to Delivery). Одной из наиболее важных задач брокера ресурсов является оценка общего времени получения результата при постановке задачи пользователем конкретному вычислительному ресурсу. В дальнейшем, на основе этой оценки, определяется ресурс, обеспечивающий оптимальное время исполнения поставленной задачи.

При формировании данных оценок, брокер использует информацию о подзадаче, передаваемую CAEBeans Server. В процессе запроса вычислительных ресурсов CAEBeans Server может предоставить брокеру такую информацию, как размер исходных данных; вычислительная сложность рассматриваемой подзадачи; масштабируемость подзадачи и т.п. На основе этих данных и информации о текущих характеристиках грид-среды брокер ресурсов может произвести оценку общего времени получения результата.

Заключение

Представленный подход организации брокера ресурсов разработан для поддержки технологии CAEBeans. В работе дано описание алгоритма работы брокера ресурсов, представлены структура XML-запросы CAEBeans Server к брокеру ресурсов и алгоритмы планирования. Дальнейшие исследования будут направлены на поддержку брокером ресурсов очереди задач.

В качестве аппаратной поддержки технологии CAEBeans предполагается задействовать вычислительные ресурсы суперкомпьютерных систем, входящих в грид-среду СКИФ-Полигон, созданную в рамках Российско-Белорусского суперкомпьютерного проекта СКИФ-ГРИД.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям (контракт 2007-4-1.4-20-01-026) и программы СКИФ-ГРИД (контракт СГ-1/07).

Литература

1. Эвристики распределения задач для брокера ресурсов Grid / А.И. Аветисян, С.С. Гайсарян, Д.А. Грушин, Н.Н. Кузюрин, А.В. Шокуров // Труды Института системного программирования РАН. – 2004. – Т. 5, – С. 41 – 62.
2. Системы Grid-вычислений – перспектива для научных исследований / А.Е. Дорошенко, О.В. Алистратов, Ю.М. Тырчак, А.П. Розенблат, К.А. Рухлис // Проблемы программирования. – 2005. – № 1. – С. 14 – 38.
3. Радченко, Г.И. CAEBeans: иерархические системы структурированных проблемно-ориентированных оболочек над инженерными пакетами / Г.И. Радченко, Л.Б. Соколинский // Научный сервис в сети Интернет: многоядерный компьютерный мир. 15 лет РФФИ: тр. Всерос. науч. конф. (24-29 сентября 2007 г., г. Новороссийск). – Новороссийск, 2007. – С. 54 – 57.
4. Радченко, Г.И. BeanShells: интеграция CAE-пакетов в GPE / Г.И. Радченко, Л.Б. Соколинский, И.С. Кутепов // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2007): тр. Междунар. науч. конф. (Челябинск, 29 янв. – 2 февр. 2007 г.). – Челябинск, 2007. – Т. 2. – С. 15.
5. Uniform Interface to Computing Resources: [<http://www.unicore.eu/>], 19 Jun 2008.
6. Foster, I. The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Second edition / I. Foster, C. Kesselman. – San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003.
7. Радченко, Г.И. Методы организации грид-оболочек системного слоя в технологии CAEBeans // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Математическое моделирование и программирование». – 2008. – Вып. 1, № 15 (115). – С. 69 – 80.

Кафедра системного программирования,
Южно-Уральский государственный университет
sham2004@bk.ru

Поступила в редакцию 15 сентября 2008 г.