

Подход к разработке мультиагентной распределенной интеллектуальной информационной системы для исследований энергетики*

А. В. ЧЕРНОУСОВ, Д. А. ФАРТЫШЕВ

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия

e-mail: golodnyj@gmail.com, denisfart@gmail.com

Е. С. ЧЕРНОУСОВА

Иркутский государственный технический университет, Россия

e-mail: wertic@gmail.com

An approach to develop the distributed intellectual information system based on the multi-agent conception is suggested in this article. Ontologies are used to solve the problem of knowledge representation in the system. Moreover, system requirements are briefly formulated and the conceptual model of the system is suggested.

Введение

В лаборатории информационных технологий Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН ведутся работы, направленные на создание интеллектуальных систем для исследований энергетики. Основная цель этих работ — создание нового инструментария, интегрирующего, с одной стороны, методы математического и ситуационного моделирования, а с другой — методы, основанные на применении алгебраических сетей и онтологий.

Предметом данной статьи является разработка подхода к построению типовой распределенной интеллектуальной информационной системы (РИИС), который предусматривает возможности адаптации системы к конкретной предметной области.

Главным требованием к РИИС является обеспечение возможности интегрировать в рамках одной системы разнородные компоненты: базы данных и знаний, геоинформационные системы, системы математического и ситуационного моделирования. Эти вопросы подробнее рассмотрены в статье Л.В. Массель, А.Ю. Горнова, С.В. Бахвалова в данном выпуске.

Реализация интеллектуальной информационной системы в виде распределенной системы обусловлена необходимостью сбора данных из различных территориально удаленных источников, а также требованиями к обеспечению дополнительной надежности, т. е. непрерывной работы при выходе из строя отдельных компонентов системы.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 07-07-00265а и № 08-07-00172а), РГНФ (грант № 07-02-12112в).

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

Распределенный характер системы обеспечивает ряд качеств:

- большую работоспособность за счет возможности параллельной обработки информации;
- большую гибкость, облегчение инсталляции и обслуживания системы за счет компонентной структуры, где каждый модуль может быть оттестирован, установлен и заменен по отдельности;
- увеличение производительности за счет реализации децентрализованного управления;
- эффективное использование ресурсов за счет сбалансированного распределения нагрузки на каждый вычислительный узел.

1. Обоснование выбранного решения

Авторами выполнен анализ существующих методов и средств создания РИИС, в результате которого выделено несколько подходов. Например, при построении распределенной интеллектуальной системы предлагается использовать распределенную фреймовую иерархию либо продукционную модель представления знаний совместно с компонентным подходом [1]. Каждый из этих подходов не лишен недостатков.

Можно констатировать отсутствие единой методологии проектирования и технологии перехода от абстрактной архитектуры мультиагентной системы и формальных логических моделей агентов к стадии технической реализации (такие попытки предпринимались, например, в работах В.И. Городецкого, М. Вулдриджа, Д. Кинни, В.Б. Тарасова).

Авторы предлагают для создания РИИС использовать концепцию мультиагентных систем на основе сервис-ориентированной архитектуры (СОА), где проблема представления знаний в системе решается с помощью онтологии.

Мультиагентные системы представляют собой совокупность агентов, обладающих такими свойствами, как адаптивность, автономность, коммуникативность, коллаборативность¹, способность к рассуждениям, мобильность [3]. Агентом такой системы может быть как набор аппаратов — роботов, так и программ. Любой агент всегда старается оптимизировать меру полезности своих действий. В общем случае под агентом понимается программно-аппаратный комплекс, предназначенный для решения задач пользователя.

В основе предложенного подхода лежит принцип агентной ориентации, который заключается в использовании в качестве компонентов информационной системы интеллектуальных агентов, автономно функционирующих и обладающих целенаправленным поведением. При реализации такой РИИС на базе СОА агентом является веб-сервис. Современное и эффективное решение для построения мультиагентных систем с помощью СОА и преимущества использования веб-сервисов для реализации агентов рассмотрены в [4]. Сервис-ориентированная архитектура изначально использовалась для построения приложений в области коммерческой деятельности, но в последнее время активно используется также для организации научных исследований в различных предметных областях.

¹Под коллаборативностью понимается способность отдельных агентов сотрудничать друг с другом для достижения общей цели.

Создание мультиагентной интеллектуальной системы с помощью сервис-ориентированной архитектуры удовлетворяет основным требованиям к созданию РИИС, одновременно добавляя массу преимуществ:

- независимость системы от среды, в которой она будет функционировать, т. е. система одновременно может работать как в глобальной сети Интернет, так в отдельных пользовательских сетях, агент может быть установлен как на персональный компьютер, так и на специализированные аппаратные устройства;
- гибкая архитектура, приспособляющаяся как к изменениям внешней среды, так и к условиям задачи;
- изменение состава и конфигурации агентов во время работы системы без влияния на результат ее работы;
- широкие возможности по интеграции существующих агентов в разрабатываемую мультиагентную РИИС.

2. Представление знаний в мультиагентной РИИС

Реализация интеллектуального агента в виде веб-сервиса позволяет создавать агенты, которые могут использовать различные модели знаний, а также комбинировать модели. Для представления знаний в РИИС выбраны онтологии как динамично развивающаяся и перспективная форма представления знаний.

Под онтологией понимают совместно используемую формальную классификацию предметной области [5] или базу знаний специального вида, которая может “читаться” и “пониматься”, отчуждаться от разработчика и физически разделяться пользователями [6]. Агенты способны адаптироваться к изменениям среды за счет использования онтологий, отделенных от программного кода системы, пополнение которых открыто и доступно как для специалистов, так и людей, не имеющих навыков программирования. Таким образом, РИИС способна накапливать, обрабатывать и применять знания о предметной области. Онтология определяет интеллектуальность агента — чем точнее составлена онтология, чем более корректно обозначены связи, тем полнее агент представляет предметную область, для которой он существует.

К достоинствам онтологий как способу организации знаний можно отнести их относительно легкое представление в информационной системе, например, в виде XML-документов. Представление знаний в виде XML-документов позволяет оперативно вносить изменения в предметную область задачи путем указания для агентов различ-

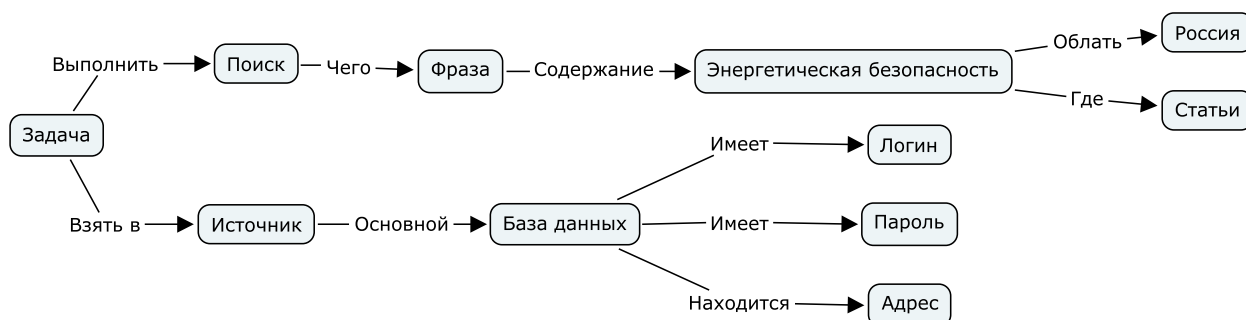


Рис. 1. Пример онтологии

ных XML-документов. Например, содержательная часть онтологии, представленной на рис. 1, может быть отображена в виде XML-документа следующим образом:

```

<concept-list>
  <concept id="point_1" label="Поиск"/>
  <concept id="point_2" label="Статьи"/>
  <concept id="point_3" label="Пароль"/>
  <concept id="point_4" label="Россия"/>
  <concept id="point_5" label="Фраза"/>
  <concept id="point_6" label="База данных"/>
  <concept id="point_7" label="Энергетическая безопасность"/>
  <concept id="point_8" label="Источник"/>
  <concept id="point_9" label="Логин"/>
  <concept id="point_10" label="Задача"/>
  <concept id="point_11" label="Адрес"/>
</concept-list>
<linking-phrase-list>
  <linking-phrase id="relation_1" label="Содержание"/>
  <linking-phrase id="relation_2" label="Выполнить"/>
  <linking-phrase id="relation_3" label="Основной"/>
  <linking-phrase id="relation_4" label="Имеет"/>
  <linking-phrase id="relation_5" label="Взять в"/>
  <linking-phrase id="relation_6" label="Находится"/>
  <linking-phrase id="relation_7" label="Область"/>
  <linking-phrase id="relation_8" label="Чего"/>
  <linking-phrase id="relation_9" label="Где"/>
  <linking-phrase id="relation_10" label="Имеет"/>
</linking-phrase-list>
<relation-list>
  <relation id="connection_1" from-id="point_5" to-id="relation_1"/>
  <relation id="connection_2" from-id="point_6" to-id="relation_10"/>
  <relation id="connection_3" from-id="relation_8" to-id="point_5"/>
  <relation id="connection_4" from-id="relation_5" to-id="point_8"/>
  <relation id="connection_5" from-id="relation_6" to-id="point_11"/>
  <relation id="connection_6" from-id="point_6" to-id="relation_4"/>
  <relation id="connection_7" from-id="relation_9" to-id="point_2"/>
  <relation id="connection_8" from-id="relation_1" to-id="point_7"/>
  <relation id="connection_9" from-id="point_1" to-id="relation_8"/>
  <relation id="connection_10" from-id="relation_4" to-id="point_9"/>
  <relation id="connection_11" from-id="relation_2" to-id="point_1"/>
  <relation id="connection_12" from-id="point_10" to-id="relation_2"/>
  <relation id="connection_13" from-id="point_10" to-id="relation_5"/>
  <relation id="connection_14" from-id="relation_10" to-id="point_3"/>
  <relation id="connection_15" from-id="point_6" to-id="relation_6"/>
  <relation id="connection_16" from-id="point_8" to-id="relation_3"/>
  <relation id="connection_17" from-id="relation_7" to-id="point_4"/>
  <relation id="connection_18" from-id="relation_3" to-id="point_6"/>
  <relation id="connection_19" from-id="point_7" to-id="relation_7"/>
  <relation id="connection_20" from-id="point_7" to-id="relation_9"/>
</relation-list>

```

Использование XML в мультиагентной РИИС позволяет: осуществить контекстный поиск, унифицировать передаваемые данные, а также обеспечить эффективный способ хранения онтологий.

Создание систем, оперирующих не данными, а знаниями, создает предпосылки перехода на качественно новый уровень для исследований в области энергетики.

3. Технологии создания агентов

Создание агентов при помощи ООЯ Java является уже классическим и стандартным решением для построения систем различного рода. В первую очередь, Java обеспечивает кроссплатформенность агента, а также облегчает разработку системы за счет большого количества существующих инструментов для реализации агентных структур. Так, например, для разработки мультиагентных приложений в сети Интернет можно использовать инструментальный SB MagentA Engine [7], предназначенный для автоматизированной генерации агентов.

На языке Java написаны самые популярные анализаторы XML-документов, программы для их проверки и преобразования, а также другие средства для работы с XML-документами. Существует большое количество библиотек, позволяющих организовать доступ к онтологиям, в том числе и с помощью языка запросов к онтологическим базам знаний (Ontology Query Language — OQL). Основные преимущества реализации веб-сервисов с помощью Java рассмотрены авторами в [8]. Таким образом, авторы считают, что Java-ориентированные технологии могут быть успешно использованы для создания мультиагентной РИИС.

Автономность каждого агента приводит к тому, что агент может быть по отдельности установлен, оттестирован и в дальнейшем заменен без ущерба для всей системы. Унифицированность, под которой авторы понимают представление агента как “черного ящика” со строго определенными протоколами сетевого взаимодействия и единым форматом вводимых и выводимых данных, создает предпосылки для отчуждаемости агента от разработчика.

4. Концептуальная модель мультиагентной РИИС

В основе создания мультиагентной РИИС лежит распределение функций между отдельными агентами. Такая система, по сути, представляет собой совокупность интеллектуальных компонентов, каждый из которых решает свою задачу.

На рис. 2 представлена концептуальная модель мультиагентной РИИС, в которой выделены репозиторий знаний и четыре уровня системы: взаимодействие с пользователем, поиск и сбор данных, классификация и первичное преобразование данных, а также непосредственный анализ данных. Количество агентов на каждом уровне ограничено ресурсами и конфигурацией системы. Концептуальная модель предложена в упрощенном виде, так как является типовой и не связана с конкретной предметной областью.

Агенты первого уровня предназначены для взаимодействия с пользователями: агенты имеют интерфейс, с одной стороны, для отображения данных, с другой — для определения заданий системы. Агенты предназначены для эффективного ввода и вывода данных, которые могут выполняться с помощью стационарных и мобильных средств. В случае использования мобильных средств (например, ноутбука или мобильного теле-

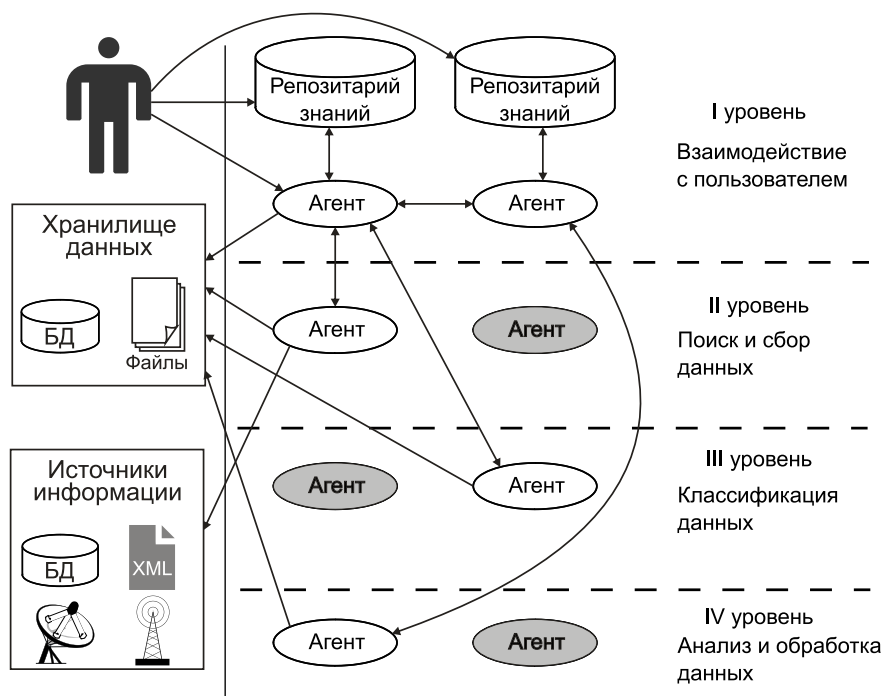


Рис. 2. Концептуальная модель мультиагентной РИИС

фона) требования к агенту минимальны: малая функциональность, примитивная графика, небольшие возможности по визуальному представлению. В случае стационарных средств (информационные панели или кубы) обоснованно применение единого агента, который централизованно управляет бы комплексом средств отображения. Агенты этого уровня обращаются к репозитарию, где знания представлены в виде онтологий, для формирования заданий агентов этого и последующих уровней.

Агенты второго уровня должны обеспечить первичный сбор и поиск данных в соответствии с заданными условиями. Агенты могут самостоятельно собирать данные из баз данных, репозитариев и других информационных источников. Также агенты могут предоставлять интерфейс для ввода данных, которые не могут быть собраны автоматически — это оцифрованные документы, отдельные факты, мнения, анкеты пользователей и др.

Задачей агентов третьего уровня является управление агентами второго уровня, в том числе контроль качества поступающих данных и их классификация по признакам.

Четвертый уровень предназначен для анализа данных по критериям. Функциональность агентов может быть заложена как в самих агентах, так и во включенных в них унаследованных программных комплексах. В качестве примера вычислительного агента, работающего на четвертом уровне, можно привести комплекс программ для решения задач нелинейной оптимизации, разработанный сотрудниками ИСЭМ СО РАН О.В. Хамисовым и И.В. Мокрым и адаптированный авторами. Существующий комплекс программ относится к категории унаследованного программного обеспечения, он разрабатывался без учета требований современных открытых систем. Было необходимо внести изменения для использования его в современной ИТ-инфраструктуре, авторами статьи была успешно выполнена работа по адаптации данного комплекса, а затем по созданию на его основе веб-сервиса [9]. Внутренняя архитектура агента показана на рис. 3.

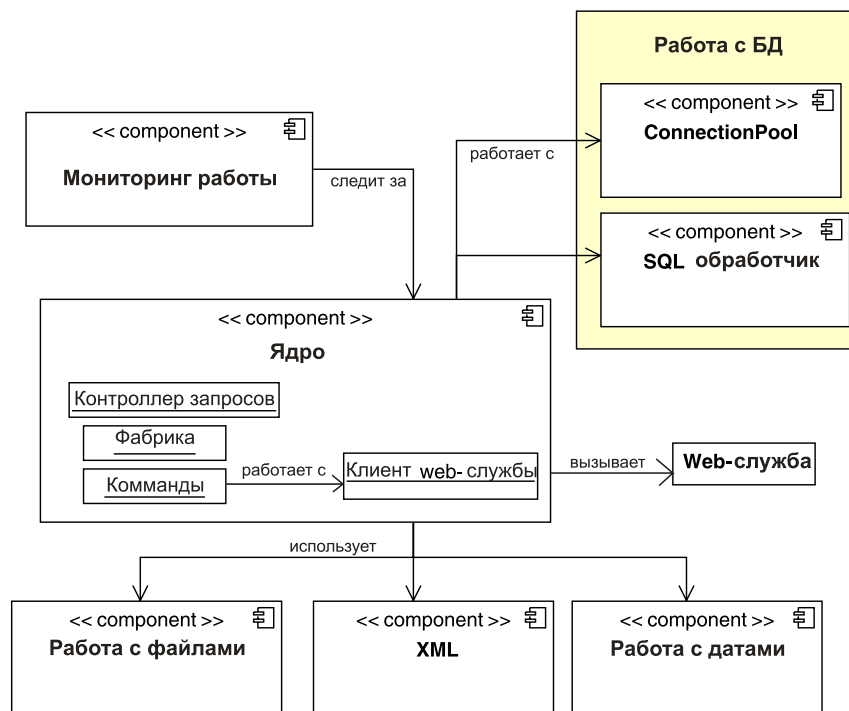


Рис. 3. Архитектура вычислительного агента для решения задач нелинейной оптимизации

Для эффективного взаимодействия уровней и агентов в пределах одного уровня необходимо обеспечить надежные каналы связи, скорость которых будет косвенно определять время реакции системы. Кроме того, необходимо обеспечить достоверность и целостность информации, а также конфиденциальность, так как система может хранить и использовать данные, которые могут быть отнесены к служебной или к государственной тайне. Как следствие, особое внимание следует уделить протоколам обмена сообщениями агентов между собой.

При установке и внедрении мультиагентной РИИС физическое расположение агентов различных уровней на различных узлах системы автоматически повышает ее надежность, а вместе с этим позволяет снизить требования к отдельным узлам.

Заключение

Рассмотрена возможность использования мультиагентного подхода при создании распределенной интеллектуальной информационной системы для решения задач исследования энергетики. Предложена концептуальная модель РИИС.

Суть предложенного подхода заключается в использовании для представления знаний активно развивающегося подхода в области систем искусственного интеллекта, основанного на построении онтологий — баз знаний специального вида, а также парадигмы мультиагентных систем. В качестве платформы, которая позволит перейти от логической концепции мультиагентных систем к ее технической реализации, авторами выбрана современная и перспективная сервис-ориентированная архитектура. В рамках разрабатываемой мультиагентной РИИС предполагается осуществить интеграцию разнородных компонентов (программных комплексов, баз данных и знаний).

В статье рассмотрены результаты первого этапа разработки РИИС. Полученные результаты используются при выполнении грантов РФФИ № 07-07-00265а и № 08-07-00172а, РГНФ № 07-02-12112в.

Список литературы

- [1] SOSHNIKOV D. An approach for creating distributed intelligent systems // Proc. 1st Intern. Workshop on Computer Science and Information Technologies. М.: Mephi Publ., 1999. P. 129–134.
- [2] ETSCHBERGER K. Controller Area Network (CAN) Basics, Protocols, Chips and Application. IXXAT Press, 2001. http://datamicro.ru/can_standards_books/books/can_etschberger/
- [3] РАССЕЛ С., НОРВИГ П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Изд. дом “Вильямс”, 2006. 1408 с.
- [4] ЧЕРНОУСОВ А.В., ЧЕРНОУСОВА Е.С. Преимущества использования SOA при построении мультиагентных систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Тр. XII Байкальской Всерос. конф. Ч. 2. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 59–65.
- [5] GRUBER T.R. A translation approach to portable ontology specifications // Knowledge Acquisition. 1993. Vol. 5(2). P. 199–220.
- [6] ГАВРИЛОВА Т.А., ХОРОШЕВСКИЙ В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
- [7] БАТИЩЕВ С.В., ЛАХИН О.И., МИНАКОВ И.В. и др. Разработка инструментальной системы для создания мультиагентных приложений в сети Интернет // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2001. № 1.
- [8] ФАРТЫШЕВ Д.А., ЧЕРНОУСОВ А.В. Методы использования Web-сервисов для построения вычислительной ИТ-инфраструктуры системных исследований в энергетике // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Тр. XII Байкальской Всерос. конф. Ч. 2. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2007. С. 46–54.
- [9] МАССЕЛЬ Л.В., ЧЕРНОУСОВ А.В., ФАРТЫШЕВ Д.А., МАССЕЛЬ А.Г. Реализация Web-сервиса для решения задач нелинейной оптимизации на основе унаследованного программного комплекса // Тр. Междунар. конф. “Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании”. Т. 2. Павлодар: ТОО НПФ “ЭКО”, 2006. С. 42–49.

Поступила в редакцию 25 января 2008 г.