

## АГЕНТНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСОВ

В.В. Грибова<sup>1</sup>, А.С. Клещев<sup>2</sup>, Д.А. Крылов<sup>3</sup>,  
Ф.М. Москаленко<sup>4</sup>, В.А. Тимченко<sup>5</sup>, Е.А. Шалфеева<sup>6</sup>

В данной работе для снижения трудоемкости разработки и сопровождения интеллектуальных интернет-сервисов предлагается использовать декларативное представление всех компонентов сервиса и осуществлять реализацию решателя задач и пользовательского интерфейса на основе агентного подхода. Базы знаний и данных, решатель задач и другие компоненты интеллектуального сервиса представляются в форме семантических сетей с едиными принципами их формирования, доступа и модифицирования.

### Введение

Стремительное развитие облачных вычислений требует наличия специализированных средств для создания интернет-сервисов. С одной стороны, рынок предлагает широкий спектр платформ для их создания, например, Amazon AWS, Microsoft Azure, Google App Engine и др. С другой, в литературе отмечается [Тарасов 1998, Городецкий 1996], что одним из перспективных решений создания таких сервисов является использование агентной технологии. Реализация сервисов, основанных на агентной технологии, осуществляется разными способами: с использованием универсальных языков программирования (например, Java), языков представления знаний (например, KIF), а также с использованием специализированных языков программирования агентов (например, AgentSpeak, TeleScript, April). Вместе с тем актуальной

---

<sup>1</sup> 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5, ИАПУ ДВО РАН, gribova@iacp.dvo.ru

<sup>2</sup> 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5, ИАПУ ДВО РАН, kleshev@iacp.dvo.ru

<sup>3</sup> 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5, ИАПУ ДВО РАН, dmalkr@gmail.com

<sup>4</sup> 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5, ИАПУ ДВО РАН, philipmm@iacp.dvo.ru

<sup>5</sup> 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5, ИАПУ ДВО РАН rakot2k@mail.ru

<sup>6</sup> 690041, г. Владивосток, ул. Радио, д. 5, ИАПУ ДВО РАН shalf@iacp.dvo.ru

задачей, стоящей в настоящее время перед исследователями, является развитие и совершенствование теории, методов, и программно-аппаратных средств построения мультиагентных систем, направленное на снижение трудоемкости их создания и сопровождения [Тарасов 1998]. В данной работе в качестве одного из возможных решений указанных проблем предлагается концепция мультиагентных систем для создания интернет-сервисов, основанная на использовании декларативного представления их описания.

## 1. Постановка задачи

Любой интеллектуальный интернет-сервис можно рассматривать как интеллектуальную систему, доступ к функционалу которой осуществляется через Интернет, и состоящую из решателя задач, пользовательского интерфейса, базы знаний и, возможно, баз данных для исходных данных и результатов.

В современных языках программирования и парадигмах, их поддерживающих, для представления данных (входных и выходных), баз знаний и решателя задач используются различные формализмы для описания.

Известно, что повторное использование компонентов является эффективным способом снижения трудоемкости проектирования. Объектно-ориентированный подход реализует этот механизм через описание классов, которое включает методы (повторно-используемые) для обработки объектов. Однако эти методы могут применяться только для обработки объектов указанных классов.

Известно, что декларативное представление, в отличие от императивного, имеет ряд неоспоримых преимуществ: более простое написание программ, более легкое их понимание программистами, и, соответственно, модифицирование, возможность замены сопровождения (изменения исходного кода) программы управлением ею [Дехтяренко 2003, Lloyd 1994]. При этом единое представление разнородных компонентов интеллектуальной системы также приведет к снижению трудоемкости ее разработки и сопровождения.

С учетом всех вышесказанных соображений в качестве концепции для проектирования интеллектуальных сервисов предлагается все компоненты сервиса (данные, знания и решатель задач с пользовательским интерфейсом) представлять в едином унифицированном формате, обеспечив единые принципы для их формирования, доступа и модифицирования. Таким образом, предлагается знания, данные, а также решатель задач с пользовательским интерфейсом представлять в форме семантических сетей.

Представление баз знаний и данных в форме сетей в настоящее время является почти общепринятым. В качестве реализации решателя задач и пользовательского интерфейса (в дальнейшем для простоты изложения – решателя задач) предлагается использовать агентный подход. В соответствии с ним, в общем случае решатель задач декларативно представлен сетью агентов, определяющей, какие агенты входят в решатель, и управляющего графа, позволяющего агентам находить адресатов посылаемых ими сообщений.

Каждый агент представляется в форме процедурно-декларативного ресурса – множества блоков. Каждый блок состоит из сообщения, которое рассматривается в качестве промежуточных данных и представляется в форме семантической сети, и множества продукций, консеквент которых содержит процедурную часть – метод для обработки данных, содержащихся в сообщениях, поступающих этому агенту.

Платформой для реализации таких сервисов является Интернет-комплекс IASaaS [Клещев 2011], поддерживающий контролируемый доступ и единую систему администрирования для создания и использования интеллектуальных сервисов и их компонентов, представленных семантическими сетями, и обеспечивающий функционирование агентных приложений (через передачу и обработку сообщений между агентами).

## **2. Информационные ресурсы и их программные интерфейсы**

Существуют различные типы информации - онтологии, данные, знания, а также способы ее представления - процедурные (и основанные на правилах) и декларативные. Компьютерное представление любого типа информации назовем *информационным ресурсом*.

Для декларативных моделей представления информации можно выделить два основных подхода к ее формированию: «напрямую» и на основе метаинформации (онтологии), в терминах которой эта информация формируется.

К настоящему времени предложены три способа формирования информации на основе метаинформации: на основе объектно-ориентированные метаинформации (онтологии), на основе реляционной модели метаинформации, на основе метаинформации, представленной семантическими сетями.

Порождение, основанное на метаинформации, представленной семантическими сетями, основано на двухуровневой модели: в терминах метаинформации формируется целевая информация – семантическая сеть.

Основной особенностью информационных ресурсов является их представление в виде неразрывной пары (информация; метаинформация). Метаинформация информационного ресурса является языком, в терминах которого можно осуществить запрос для вычисления информационных ресурсов данного класса. Любая информация имеет ссылку на метаинформацию, по которой она порождается.

Программные интерфейсы обеспечивают разработчика решателя задач интеллектуальных систем набором программных интерфейсов к информационным ресурсам, скрывая от разработчика формат их внутреннего представления.

Программные интерфейсы аналогичны абстрактным типам данных в языках программирования, они позволяют использовать такой тип данных, не задумываясь о деталях внутренней организации информации. Набор программных интерфейсов обеспечивает доступ к любому информационному ресурсу независимо от его типа и принадлежности к предметной области, а также поддерживает соответствие между метаинформацией и информацией.

Основными классами операций над информационными ресурсами являются: функции получения имен меток вершин и дуг графа (сети), функции порождения вершин и дуг графа, функции редактирования вершин и дуг графа, функции получения значений, функции перемещения по семантической сети и др.

### **3. Агенты**

Агент – повторно используемый программный компонент, взаимодействующий с другими агентами посредством приема и передачи сообщений. Повторная используемость означает, что агент может быть составной частью различных сервисов. В общем случае агент состоит из двух частей – декларативной и процедурной. Декларативная часть представляет собой описание агента - информационный ресурс, в котором описана структура агента (см. рис. 1). Процедурная часть (код агента) - есть совокупность продукций, объединенных в Java-классе. Агент объединяет лишь те продукции, которые необходимы для обработки принимаемых им сообщений.

Сообщение – это временный информационный ресурс, жизненный цикл которого начинается с его создания некоторым агентом по его шаблону, затем следует посылка этого сообщения другому агенту, который его получает и обрабатывает. После этого сообщение прекращает свое существование.

Все онтологии сообщений (шаблоны сообщений) содержатся в фонде IАСРaaS. Для передачи сообщения некоторому агенту приложения используется готовый шаблон или проектируется новый шаблон (который может стать повторноиспользуемым), задающий структуру передаваемой информации.

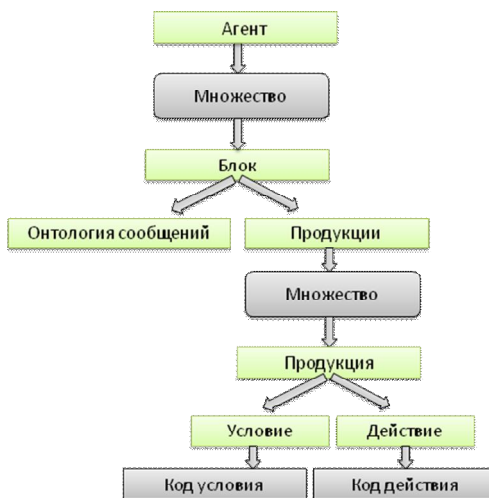


Рис.1 Структура агента

Агенты могут быть разработаны как проблемно-ориентированными, так и проблемно-независимыми.

#### 4. Решатель задач и пользовательский интерфейс

Каждый решатель задач интеллектуального интернет-сервиса описывается управляющим графом, специфицирующим порядок передачи сообщений между агентами решателя. Управляющий граф решателя задач является предназначен для того, чтобы процессор решателя задач при обработке продукции некоторого агента мог выбрать того агента, которому предназначено передаваемое сообщение. Управляющий граф состоит из вершин, соответствующих блокам продукций агентов, и дуг, соответствующих посылкам сообщений другим агентам либо блокам продукций.

Для упрощения разработки пользовательского интерфейса в состав агентной платформы входит системный агент «вид». Агент «вид» содержит реализации интерфейсных элементов (текстовое поле, кнопка управления, поле ввода и др.) и осуществляет прорисовку элемента и реализует его поведение. Интерфейсные элементы могут порождать

различные события, вызванные действиями пользователя или системы (ввод символов с клавиатуры, выбор элемента, срабатывание системного таймера и др.). Если событие вызвано действиями пользователя, то агент вид обрабатывает поступившее событие и посылает результат обработки (сообщение) агенту сервиса. Далее этот запрос обрабатывается агентом и, в случае необходимости, посылается сообщение агенту «вид», который изменяет интерфейс и через клиентское программное обеспечение (браузер) отображает новое состояние пользовательского интерфейса.

## 5. Заключение

Представленная концепция мультиагентных систем для создания интернет-сервисов основана на использовании декларативного представления их описания. В соответствии с ней все компоненты интеллектуальной системы – база знаний, входные/выходные данные представляются в едином унифицированном формате (семантической сети). Это позволяет снижать трудоемкость их сопровождения.

С использованием данного подхода разработана административная система Интернет-комплекса IACPaaS, а также системный сервис прогонщик тестов, задачей которого является отладка и тестирование агентов сервиса.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 10-07-00090-а и ДВО РАН № и ДВО РАН 12-П-0-01И-003.

## Список литературы

- [Тарасов **1998**] Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С.5-63.
- [Городецкий **1996**] Городецкий В.И. Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения// Новости искусственного интеллекта. – 1996. – №1. – С.44-59.
- [Дехтяренко **2003**] Дехтяренко И.А. Программирование в повествовательном наклонении // SoftCraft разноликое программирование. 2003. - <http://www.softcraft.ru/paradigm/dp/dp01.shtml>
- [Lloyd **1994**] Lloyd J.W. Practical Advantages of Declarative Programming // Proceedings of Joint Conference on Declarative Programming. GULD-PRODE'94. Peñiscola (Spain), September 19-22, 1994.
- [Клещев **2011**] Клещев А.С., Грибова В.В, Шалфеева Е.А., Крылов Д.А., Смагин С.В., Москаленко Ф.М., Гютюнник М.Б., Тимченко В.А. Проект IACPaaS. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. № 1. С.27-35. – ISSN 2071-8594.