

УДК 004.8:004.9

ОДНОРАНГОВАЯ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.В. Маслобоев, М.Г. Шишаев

Рассмотрено современное состояние исследований в области развития методов и средств информационной поддержки инновационной деятельности. Разработан прототип одноранговой распределенной мультиагентной системы информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности в регионе. Предлагаемое решение основано на использовании онтологий и мультиагентного подхода. Описываются архитектура, функциональные модули, принципы функционирования и области применения системы.

Ключевые слова: мультиагентный подход, информационная система, онтологии, инновационная деятельность, имитационное моделирование.

Введение

Наличие и эффективное использование развитой информационно-коммуникационной инфраструктуры в современных условиях во многом определяет успешность и конкурентоспособность социально-экономических систем различного уровня. Ориентация на диверсификацию экономики предполагает повышение роли горизонтальных взаимодействий между независимыми субъектами инновационной деятельности. Территориальная распределенность, функциональная и организационная разнородность субъектов влечет высокую динамичность как состава участников взаимодействия, так и структуры связей между ними. Специфика инновационной деятельности предполагает организацию согласованной работы децентрализованных участников инновационных процессов. Эти факторы являются основными аргументами в пользу выбора одноранговых (peer-to-peer – P2P) архитектур [1] в качестве базиса среды информационного взаимодействия указанных субъектов и определяют актуальность разработки методов и средств адекватного представления субъектов инновационной деятельности в виртуальной среде, автоматизации основных функций информационного взаимодействия между субъектами и процедур адаптивной реконфигурации среды с целью снижения нагрузки на коммуникационную инфраструктуру и повышения доступности прикладных служб, предоставляемых средой.

Современные средства информационной поддержки инновационной деятельности

В настоящее время создано большое количество ресурсов, обеспечивающих информационную поддержку ряда задач инновационной деятельности. Большинство из них реализовано в виде специализированных веб-ресурсов, чаще всего – информационных порталов. Реализация систем информационной поддержки инноваций в виде Интернет-порталов имеет централизованную архитектуру, что ограничивает возможности масштабирования и живучесть системы, обеспечивает лишь локальный поиск потенциальных бизнес-партнеров и информационных ресурсов, ассоциированных с инновациями. Современные отечественные и зарубежные системы управления и поддержки бизнес-процессов разрабатываются, как правило, под конкретные задачи. Примерами таких систем являются агентно-ориентированные программные системы и пакеты класса BPMS (Business Process Management Systems – системы управления бизнес-процессами) и электронные торговые площадки B2B («business-to-business» – бизнес для бизнеса), а также корпоративные информационно-управляющие и информационно-аналитические системы. Узким местом существующих на сегодняшний день решений в области информационного обеспечения инновационной деятельности является

наличие нерешенных задач, связанных с обеспечением не только распределенного доступа к информации, но и децентрализованного хранения и обработки данных, решением проблемы технологической и семантической разнородности информационных ресурсов. В качестве одного из подходов к решению обозначенных проблем можно рассматривать разработанную авторами мультиагентную систему информационной поддержки инноваций, описываемую в настоящей работе. В рамках предлагаемой концепции субъекты инновационной деятельности представляются в виде программных агентов, функционирующих и взаимодействующих друг с другом в едином информационном пространстве (виртуальной бизнес-среде) в интересах своих владельцев, образуя открытую мультиагентную систему с децентрализованной архитектурой.

Архитектура системы информационно-аналитической поддержки инноваций

Эффективной технологией создания распределенных информационных систем, обеспечивающих требуемую функциональность с точки зрения поставленных в работе задач, является технология мобильных программных агентов [2]. В связи с этим разработанная система информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности имеет мультиагентную реализацию.

В отличие от существующих систем информационной поддержки инноваций, разработанная мультиагентная система имеет открытую децентрализованную архитектуру, представленную на рис. 1. Система представляет собой множество взаимосвязанных программных компонентов, реализующих функции разнотипных агентов, представляющих интересы субъектов инновационных процессов, общесистемных сервисов, таких как сервис онтологий, сертификатов, а также специализированных системных служб, обеспечивающих интеграцию в систему разнородных информационных ресурсов инноваций. Содержащаяся в системе информация, являющаяся объектом оперирования со стороны программных агентов, представлена, прежде всего, формализованными описаниями инновационных предложений, а также дополнительной справочной информацией, используемой в ходе проработки и реализации инновационных проектов. С помощью этой информации агент по заказу своего хозяина осуществляет поиск бизнес-партнеров по реализации инновационных проектов, формирование и предварительную оценку потенциально эффективных инновационных структур, объединяющих исследователей, разработчиков, менеджеров, инвесторов и других субъектов инноваций, задействованных в реализации проекта.

Важной особенностью рассматриваемой информационной системы является ее открытость для свободного подключения и отключения новых агентов, а также способность функционирования в условиях большого количества входящих в систему узлов. Такая свобода и масштабируемость обеспечиваются заложенными в систему механизмами равноправного (пирингового) взаимодействия узлов и функциональных компонентов. С точки зрения существующих разновидностей пиринговых архитектур рассматриваемую систему можно отнести к гибридным одноранговым системам. К полностью децентрализованным механизмам, используемым в системе, относятся ведение адресных баз агентов, а также определение уровня репутации агентов для расчета оценки надежности потенциальных инновационных структур и регулирования доступа к ресурсам. Вместе с тем, для обеспечения работоспособности системы используются централизованные общесистемные сервисы онтологий и цифровых сертификатов.

Каждый программный агент представляет в виртуальной среде некоторое бизнес-предложение, зарегистрированное на одном из порталов. Тип агента соответствует бизнес-роли субъекта – исследователь, инвестор, инноватор и т.д. Основная задача агента – поиск для своего владельца потенциальных партнеров по реализации инновационного

или инвестиционного предложения (решается путем переговоров между агентами). Для уменьшения объемов данных, передаваемых по сети в ходе коммуникации агентов, в системе используются два типа агентов – мобильные агенты, способные перемещаться между узлами для реализации локального поиска в пределах того или иного портала, и статичные агенты, представляющие интересы своего владельца на стороне портала, в котором зарегистрировано соответствующее бизнес-предложение. Статичные агенты не проявляют инициативу в межузловом поиске бизнес-партнеров и обеспечивают коммуникации с другими статичными или мобильными агентами.

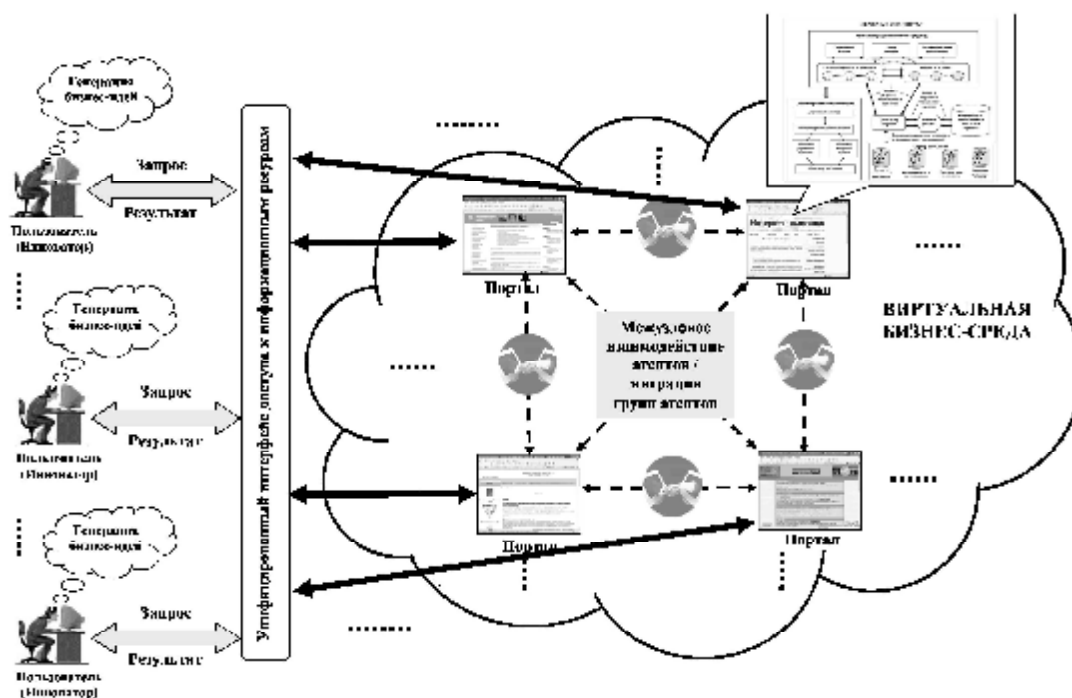


Рис. 1. Архитектура одноранговой распределенной мультиагентной системы информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности

Субъекту инновационной деятельности, желающему использовать разрабатываемую систему, потребуется: 1) завести себе узел в распределенной виртуальной бизнес-среде; 2) подключиться к одному из известных ему Интернет-порталов по инновационной тематике, на котором установлена разработанная система; 3) зарегистрировать себя и свои бизнес-предложения, настроить необходимые опции своего агента. После этого следует ожидать результатов деятельности агента, который автоматически выполняет всю работу по поиску партнеров в виртуальной бизнес-среде, предварительному анализу, оценке потенциальной эффективности и формированию инновационных структур.

Функциональные компоненты системы

Систему образуют следующие основные функциональные модули.

1. *Агентное представительство (агентная платформа)*, загружаемое на стороне серверной платформы инновационного портала и представляющее собой среду локального исполнения агентов, в рамках которой программные агенты функционируют и взаимодействуют друг с другом. Функциональная структура серверных узлов системы представлена на рис. 2.

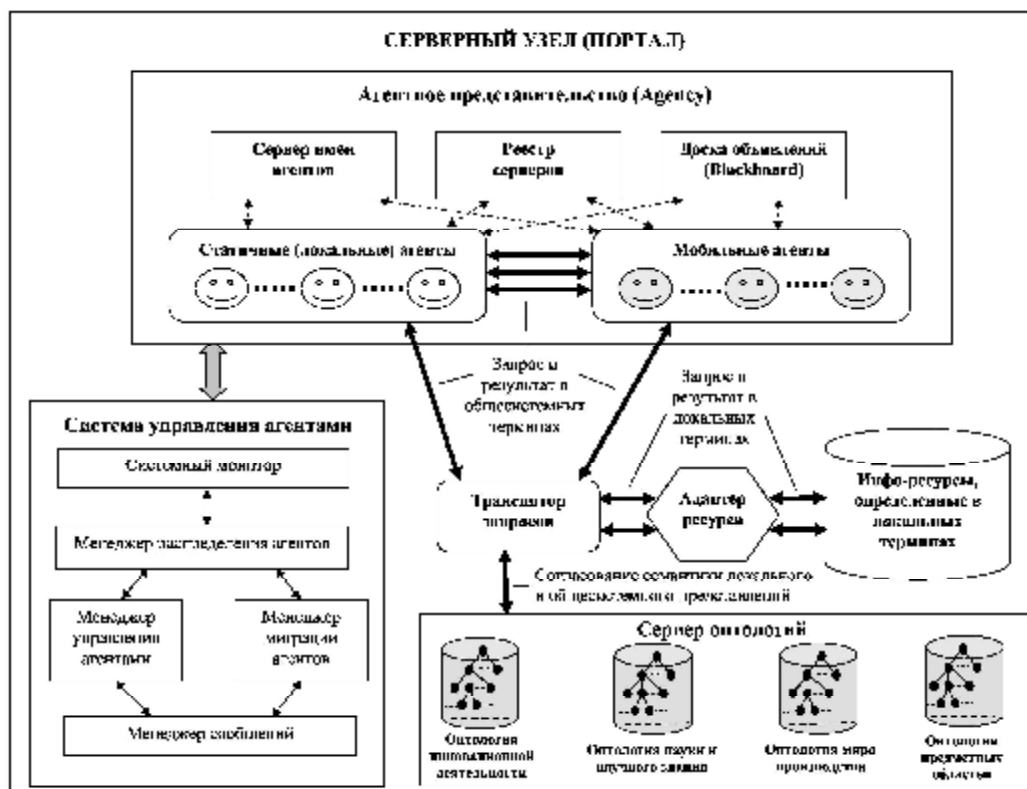


Рис. 2. Функциональная структура серверных узлов системы

В адресном пространстве агентного представительства реализованы программные компоненты, обеспечивающие поддержку межагентного взаимодействия и самоорганизации агентов.

- Реестр серверов содержит информацию о функционирующих узлах системы, а также контролирует подключение новых узлов и появление новых агентов в системе.
- Сервер имен агентов накапливает информацию об агентах системы. Формирование и поддержание распределенного реестра агентов, согласно работе [3], осуществляется на базе их привязки к древовидным концептуальным моделям предметной области (КМПО). Каждый агент хранит два адресных списка известных ему агентов – таблицу адресов агентов, являющихся членами текущей группы данного агента (основная таблица), и таблицу адресов прочих агентов (вспомогательная таблица). Формат адресной записи в таблицах имеет вид тройки: <Адрес; Тип агента; Список ассоциированных вершин КМПО>. В соответствии с предлагаемым в работе [3] подходом к ведению реестра агентов, для подключения нового агента последний должен располагать адресом, по крайней мере, одного активного узла (агента) системы. Далее, запрашивая у известного (-ых) агента (-ов) основные и (или) вспомогательные адресные списки, вновь подключившийся агент формирует собственные таблицы адресов.
- Доска объявлений (Blackboard) представляет собой специальный реестр – витрину бизнес-предложений субъектов инноваций. На стороне портала сгенерированные агенты с максимально близкими целями объединяются в группы по областям интересов (формирование виртуальных бизнес-площадок), информация о которых также регистрируется на доске объявлений. Анализ информации, представленной на доске объявлений, позволяет оценить нагрузку на узлах системы и определить интенсивности межагентных и межгрупповых коммуникаций на межузловом и внутриузловом уровнях, что, в свою очередь, позволяет выделить загруженные и незагруженные узлы в системе, а также осуществить динамическое перераспределение агентов

и групп агентов между узлами системы. Организацией переговоров между агентами внутри группы управляют агенты-координаторы.

2. *Перемещаемый программный код*, реализующий мобильных агентов. Реализация мобильных агентов в виде перемещаемого кода позволяет обеспечить функциональную гибкость системы – произвольно изменять реализации алгоритмов расчета параметров инновационных структур и логики поведения агента при условии сохранения интерфейса вызовов.

3. *Сервер онтологий*, обеспечивающий единую терминологическую базу для общесистемных и локальных запросов на поиск объектов и инновационных предложений. Сервер онтологий объединяет следующие онтологии: 1) онтологию инноваций и инновационной деятельности; 2) онтологию мира производства; 4) онтологию науки и научного знания; 4) онтологии предметных областей, интересных с точки зрения инноваций и представленных в системе своими информационными ресурсами.

4. *Транслятор запросов*, обеспечивающий формирование поисковых запросов к локальным информационным базам портала на основе поступившего запроса в общесистемных терминах. В ходе трансляции используются онтологии предметных областей, хранящиеся на выделенном сервере онтологий.

5. *Программные компоненты*, реализующие внутреннюю логику функционирования и взаимодействия агентов, протоколы межагентных коммуникаций:

- Системный монитор (System Monitor), периодически проверяющий нагрузку на текущем узле компьютерной сети;
- Менеджер распределения агентов (Agent Allocation Manager), ответственный за динамическое распределение агентов и анализ моделей поведения и характера взаимодействия агентов;
- Менеджер миграции агентов (Agent Migration Manager), перемещающий агентов на другие платформы (узлы);
- Менеджер управления агентами (Agent Manager), управляющий миграцией агентов между узлами сети;
- Менеджер сообщений (Message Manager), координирующий процесс обмена сообщениями между агентами системы.

Для согласования разных технологий хранения и представления данных на стороне информационных серверов используются программные адаптеры ресурсов, реализующие специфичные для каждого конкретного ресурса механизмы доступа и извлечения данных [4].

Практическая реализация и области использования результатов исследований

В качестве технологии реализации использована технология Java Remote Method Invocation (Java RMI). Базовые шаблоны программных компонентов системы (агентов) разработаны с помощью языка сценариев Java Script в программной инструментальной среде разработки многоагентных систем AgentBuilder в соответствии со стандартом FIPA (Foundation for Interaction of Physical Agents). Агенты системы имеют гибридную InteRRap-архитектуру с внутренней подсистемой имитационного моделирования (имитационным аппаратом) [5], которая представляет собой комплекс системно-динамических моделей, с помощью которого агент становится способным имитировать сценарии развития инновационных процессов, поведение конкурентов с целью прогнозирования рисков и экономического эффекта от капиталовложений в инновации. Система с описанным набором функциональных возможностей может успешно применяться и такими организациями, как специализированные инжиниринговые фирмы, центры трансфера технологий, инновационно-технологические центры, инновационные инкубаторы, технопарки и т.п.

Заключение

Разработана одноранговая распределенная мультиагентная система информационно-аналитической поддержки инновационной деятельности, представляющая собой комплекс программных средств и методических разработок, обеспечивающих создание единого информационно-коммуникационного пространства как виртуальной бизнес-среды формирования и развития инновационных процессов, а также логическую интеграцию и автоматизированную децентрализованную обработку разнородных информационных ресурсов инноваций на базе взаимодействия программных агентов, функционирующих в сети Интернет и имеющих гибридную архитектуру.

Основные конкурентные преимущества предлагаемых научно-технических разработок по сравнению с существующими аналогами состоят в следующем:

- обеспечивается комплексная информационная поддержка всех этапов развития инновации, что, в свою очередь, позволит повысить эффективность инновационной деятельности ученых и специалистов различных отраслей экономики и промышленности;
- система не только ориентирована на поиск компонентов и партнеров, необходимых для реализации и продвижения нового продукта, но способна предложить удовлетворяющие заданным ограничениям модели построения технологических и коммерческих цепочек.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 08-07-00301-а «Разработка информационной технологии и распределенной информационно-аналитической среды поддержки инновационной деятельности».

Литература

1. Сухорослов О.В. Принципы самоорганизации в пиринговых системах // Прикладные проблемы управления макросистемами: Труды Института системного анализа РАН. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – Т. 8. – С. 141–174.
2. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: УРСС, 2002. – 352 с.
3. Шишаев М.Г. Технология поддержки распределенного адресного реестра в одноранговых системах с неявной иерархической организацией // Информационные технологии в региональном развитии: Сб. науч. тр. ИИММ КНЦ РАН. – Апатиты: КНЦ РАН, 2008. – Вып. VIII. – С. 53–56.
4. Маслобоев А.В., Шишаев М.Г. Мультиагентная система интеграции распределенных информационных ресурсов инноваций // Программные продукты и системы. – 2007. – № 4 (92). – С. 30–32.
5. Маслобоев А.В. Гибридная архитектура интеллектуального агента с имитационным аппаратом // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. – 2009. – Т. 12. – № 1. – С. 113–125.

- Маслобоев Андрей Владимирович** – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, кандидат технических наук, доцент, докторант, masloboev@iimm.kolasc.net.ru
- Шишаев Максим Геннадьевич** – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, заведующий лабораторией, кандидат технических наук, доцент, докторант, shishaev@iimm.kolasc.net.ru