

УДК 004.8:004.9

**МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ВИРТУАЛЬНЫХ БИЗНЕС-ПЛОЩАДОК В ЕДИНОМ
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ
РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ**

А.В. Маслобоев

Для повышения эффективности информационного обеспечения регионального инновационного развития разработана мультиагентная технология информационной поддержки инновационной деятельности. Предложен метод формирования проблемно-ориентированных инновационных структур, основанный на генерализации бизнес-предложений субъектов инновационной деятельности. Метод предполагает кластеризацию программных агентов в семантическом пространстве, представленном в виде концептуальной модели предметной области, и обеспечивает формирование виртуальных бизнес-площадок в единой информационной среде взаимодействия субъектов проблемно-ориентированной деятельности. Разработана мультиагентная информационная технология формирования бизнес-площадок в виртуальной среде развития инноваций.

Ключевые слова: мультиагентная технология, информационная система, инновационная деятельность, имитационное моделирование, виртуальная бизнес-среда.

Введение

На сегодняшний день актуальной является задача создания полностью децентрализованных одноранговых систем информационной поддержки инноваций, позволяющих гибко интегрировать в логически единое целое существующие и вновь появляющиеся информационные ресурсы по инновационной тематике, создавая тем самым единое информационное пространство для эффективного взаимодействия субъектов инновационной деятельности. Эффективной технологией реализации распределенных информационных систем данного класса является технология мобильных программных

агентов [1]. Такие системы должны обеспечивать не только распределенный доступ к информации, но и децентрализованное хранение и обработку данных, решать проблемы технологической и семантической разнородности информационных ресурсов. В качестве одного из подобных решений можно рассматривать разработанный научным коллективом Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН прототип системы информационной поддержки инновационной деятельности в регионе – мультиагентную систему интеграции распределенных информационных ресурсов инноваций [2] и соответствующую информационную технологию [1]. Разработанная мультиагентная система реализует виртуальную бизнес-среду развития инноваций (ВБС), в рамках которой реальные бизнес-процессы, связанные с зарождением, развитием и реализацией инновационных идей, отображаются на соответствующие информационные процессы поиска и обработки информации. Субъекты инновационной деятельности представляются в виде программных агентов, взаимодействующих друг с другом в едином информационном пространстве в интересах своих владельцев, образуя открытую мультиагентную систему с децентрализованной архитектурой.

В работе описывается мультиагентная информационная технология, которая обеспечивает создание единого информационно-коммуникационного пространства как виртуальной среды формирования и развития инновационных процессов.

Постановка задачи и методы решения

При межузловом взаимодействии программных агентов в виртуальной среде возникает ряд проблем, связанных с возрастанием нагрузки на сеть, уменьшением интенсивности информационного обмена между агентами, зависящей от скорости и пропускной способности каналов связи сети, и т.д. Для решения этих проблем в работе предлагается метод, основанный на разбиении единого информационного пространства, в котором функционируют агенты, на виртуальные площадки (площадка представляет собой некоторый отдельный узел сети) и перемещении интенсивно взаимодействующих агентов на эти площадки с целью объединения субъектов проблемно-ориентированной деятельности и их агентов в группы по интересам. Предлагаемое решение реализовано в виде двух взаимодополняющих механизмов (алгоритмов) взаимодействия программных агентов: механизма локализации межагентных взаимодействий (преобразование межузлового взаимодействия агентов во взаимодействие на одном общем узле) и механизма динамического распределения агентов (распределение нагрузки между узлами системы).

Метод формирования инновационных структур

Инновационная структура, согласно [3], представляет собой группу субъектов инновационной деятельности (ученых, технологов, производителей, инвесторов и т.д.), задействованную в реализации конкретного бизнес-проекта по созданию инновационного продукта (инновационного проекта) или совершенствованию уже существующего. Метод формирования инновационных структур [3] состоит из следующих четырех основных этапов:

1. Разбиение инновационного поля на виртуальные площадки на основе генерализации бизнес-предложений субъектов инноваций и кластеризации программных агентов в семантическом пространстве, представленном в виде концептуальной модели предметной области.

2. Анализ параметров, описывающих бизнес-предложения субъектов инновационной деятельности, подбор подходящих партнеров, оценка их надежности и формирование всех возможных альтернативных вариантов инновационных структур.

3. Оценка экономической эффективности сформированных инновационных структур и выделение из них множества эффективных.

4. Имитационное моделирование выделенного множества эффективных инновационных структур и выбор наиболее подходящей структуры для реализации бизнес-предложения конкретного субъекта инноваций.

Реализация метода формирования инновационных структур схематично показана на рис. 1.

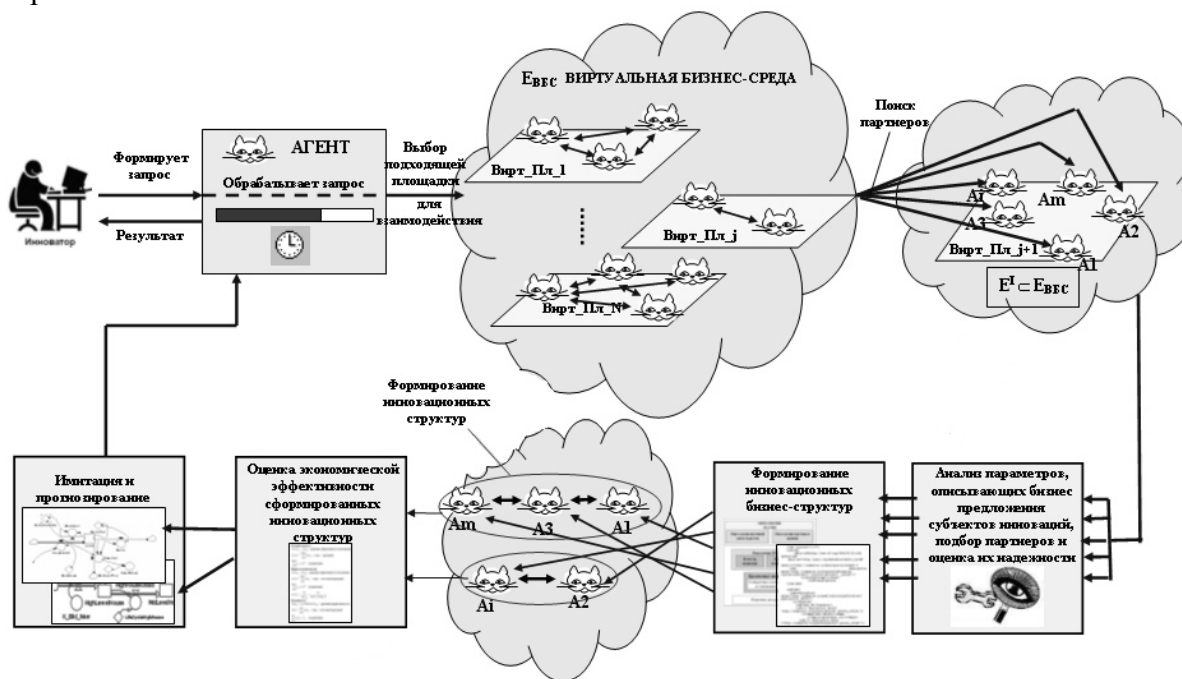


Рис. 1. Метод формирования проблемно-ориентированных инновационных структур

Технология формирования виртуальных бизнес-площадок в ВБС

В функционировании системы [2] можно выделить три основные фазы: создание и предварительное группирование агентов, представляющих бизнес-предложения, автоматическое формирование виртуальных бизнес-площадок (самоорганизация агентов), создание и оценка потенциально эффективных бизнес-структур, ориентированных на реализацию инновационной идеи (рис. 2).

Мультиагентная технология формирования бизнес-площадок в виртуальной среде развития инноваций реализуется в шесть этапов.

Этап 1. Генерация агентов для зарегистрированных бизнес-предложений субъектов инноваций в адресных пространствах инновационных порталов (узлов) виртуальной бизнес-среды.

Этап 2. Предварительное объединение сгенерированных агентов в группы по областям интересов.

Этап 3. Локальное формирование бизнес-площадок на основе генерализации бизнес-предложений внутри портала.

Этап 4. Оценка нагрузки на узлы системы и определение интенсивностей межагентных коммуникаций.

Этап 5. Миграция групп агентов на узлы системы, содержащие близкие по интересам бизнес-площадки.

Этап 6. Перегруппирование агентов на принимающих узлах на основе генерализации бизнес-предложений. Переход к третьему этапу.

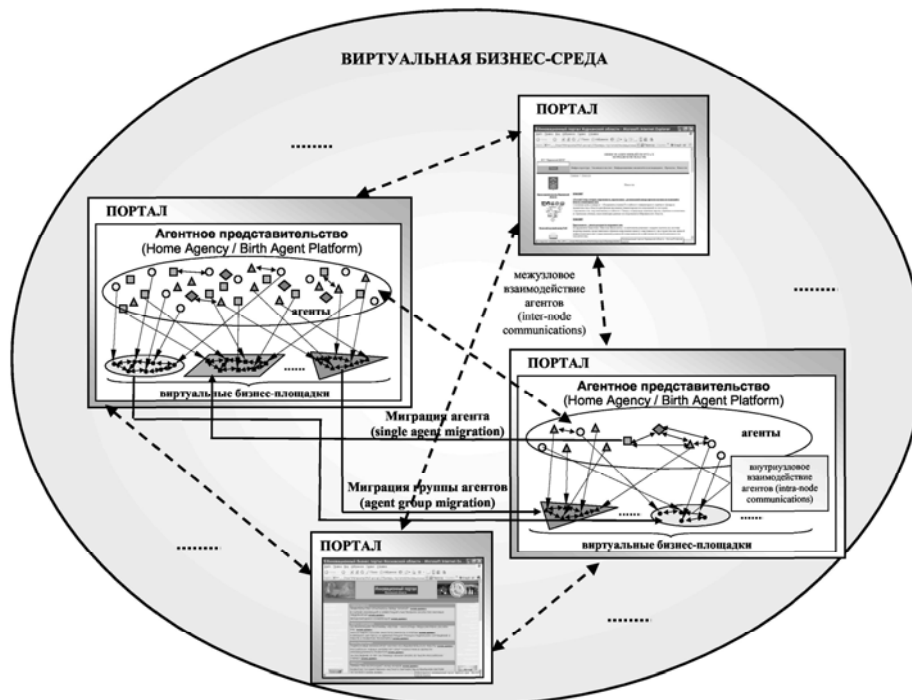


Рис. 2. Принципы функционирования мультиагентной виртуальной бизнес-среды

На стороне портала сгенерированные агенты с максимально близкими целями объединяются в группы по областям интересов, информация о которых регистрируется в специальном реестре – «доске объявлений». На основе механизма генерализации бизнес-предложений, предполагающего преобразование детализированных бизнес-предложений в генерализованные, конкретизацию целей агентов и их отображение на древовидные концептуальные модели предметной области, который подробно описан в работе [4], в пределах портала осуществляется локальное формирование бизнес-площадок, объединяющих агентов с близкими интересами и целями, и генерация агента-координатора для каждой площадки. 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, т.е. перемещение агентов или групп агентов с заданными характеристиками с сильно загруженных узлов на менее загруженные узлы системы, содержащие близкие по интересам бизнес-площадки с потенциальными агентами «совместной деятельности». Организацией переговоров между агентами внутри группы управляют агенты-координаторы на каждой созданной виртуальной бизнес-площадке соответственно. Информация о вновь сформированных бизнес-площадках регистрируется на «доске объявлений». В рамках созданных бизнес-площадок на основе межагентного взаимодействия осуществляется подбор подходящих бизнес-партнеров и формирование инновационных структур.

Агентные механизмы формирования виртуальных бизнес-площадок

Эффект, получаемый от использования виртуальной бизнес-среды, тем выше, чем больше ее внутренний объем – количество зарегистрированных инновационных предложений, агентов, представляющих интересы субъектов инноваций, узлов размещения информационных баз. Однако рост объема системы естественным образом приводит к возрастанию сложности задач поиска информационных элементов и подбора вариантов инновационных структур из-за полиномиального роста количества альтернатив. Чтобы система не теряла работоспособность в условиях собственного неограниченного роста, необходимы некоторые механизмы самоорганизации, позволяющие динамично перестраивать ее внутреннюю структуру с целью сокращения объемов обрабатываемых и передаваемых по коммуникационным линиям данных в ходе размещения и поиска инновационных предложений на информационных узлах, формирования потенциально эффективных инновационных структур.

Самоорганизация заключается в автоматическом формировании в рамках ВБС виртуальных бизнес-площадок (ВБП), объединяющих сходные по интересам группы агентов. Формирование ВБП основано на методе поддержки распределенного реестра одноранговых узлов с неявной древовидной организацией [4], в котором в качестве организующей древовидной структуры используется иерархическая модель предметной области инноваций. Формирование бизнес-площадок осуществляется посредством отображения целей агентов на древовидные концептуальные модели предметной области, последующей локализации основной части поисковых и иных запросов агентов внутри группы и дальнейшего анализа активности их коммуникаций друг с другом. Сходство интересов приводит к тому, что наиболее активные и информационно насыщенные коммуникации агентов сосредоточены внутри бизнес-площадки, тогда как за ее пределами информационный обмен менее активен, при этом объектом обмена являются генерализованные (меньшие по объему) бизнес-предложения агентов.

Такой подход позволяет не только сократить суммарный объем межагентных коммуникаций, но и преобразовывать межузловые коммуникации во внутриузловые за счет использования мобильных агентов. Это, в свою очередь, снижает нагрузку на сеть в случае распределенной реализации системы. Основными агентными механизмами, обеспечивающими повышение эффективности работы системы, согласно [5], являются локализация агентных взаимодействий в пределах узлов путем формирования групп активно коммуницирующих агентов (виртуальных бизнес-площадок) и динамическое перераспределение нагрузки за счет реализации механизмов групповой миграции агентов. Данные механизмы обеспечивают, в конечном итоге, преобразование межузловых агентных взаимодействий во внутриузловые.

В разработанной мультиагентной системе [2] каждый узел снабжен агентной платформой (агентным представительством), представляющей собой среду локального исполнения агентов, в которой программные агенты функционируют и взаимодействуют друг с другом. Реализованные механизмы коммуникации агентов состоят из последовательности похожих рабочих фаз: фазы мониторинга, фазы группирования агентов, фазы распределения групп агентов, фазы взаимодействия (переговоров) между агентами и фазы перемещения (миграции) агентов и групп агентов.

Для организации взаимодействия агентов в системе используются общие компоненты, которые присутствуют на каждой агентной платформе:

- *Менеджер сообщений (Message Manager)*, координирующий процесс обмена сообщениями между агентами системы;
- *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 агенты на другие платформы (узлы) и управляющий миграцией агентов между узлами сети.

Для решения проблем, связанных с определением местоположения динамически распределенных мобильных агентов, перемещающихся между узлами сети с течением времени, а также с потерей информации и временными задержками при передаче сообщений, в разработанной системе используются модификации общеизвестных механизмов информационного обмена между мобильными агентами, описанные в работе [5]: FMP (forwarding-based message passing), FLAMP (forwarding and location address-based message passing), FLCMP (forwarding and location cache-based message passing), ALMP (agent locating-based message passing), ALLCMP (agent locating and location cache-based message passing). Модифицированные механизмы основаны на расширении адресной структуры агента информацией о его текущем месторасположении в сети и локальном кэшировании этой информации на узлах системы, что позволит передавать сообщения напрямую от агента-отправителя к агенту-получателю, а также обеспечит возможность поиска агентов «совместной деятельности» через агентов-посредников, используя их брокерские (brokering services) и антрепренерские (matchmaking services) функции. Алгоритмы поиска агентов-инициаторов исполняются в адресном пространстве агентов-посредников.

Заключение

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты.

1. Разработан метод формирования проблемно-ориентированных инновационных структур из территориально распределенных компонентов, основанный на анализе структуры и элементов концептуальной модели виртуальной бизнес-среды развития инноваций, описанной в работе [1], и генерализации бизнес-предложений субъектов инноваций.
2. Предложен метод минимизации межузловых взаимодействий в одноранговых проблемно-ориентированных распределенных системах. Метод основан на кластеризации программных агентов в семантическом пространстве, представленном в виде концептуальной модели предметной области, и преобразовании межузловых взаимодействий агентов во внутриузловые. Реализация метода обеспечивает сокращение нагрузки на коммуникационную инфраструктуру и повышение коэффициента доступности прикладных служб программных агентов.
3. Разработана мультиагентная технология формирования виртуальных бизнес-площадок в едином информационно-коммуникационном пространстве развития инноваций, основанная на предложенных методах самоорганизации агентов в ВБС.

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 08-07-00301-а «Разработка информационной технологии и распределенной информационно-аналитической среды поддержки инновационной деятельности».

Литература

1. Маслобоев А.В. Мультиагентная технология информационной поддержки инновационной деятельности в регионе // Труды Института системного анализа РАН: Прикладные проблемы управления макросистемами. – Т. 39. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – С. 232–256.

2. Маслобоев А.В., Шишаев М.Г. Мультиагентная система интеграции распределенных информационных ресурсов инноваций // Программные продукты и системы. – 2007. – № 4 (92). – С. 30–32.
3. Маслобоев А.В. Метод совмещенного формирования и оценки эффективности региональных инновационных структур // Вестник МГТУ: Труды Мурманского государственного технического университета. – 2008. – Т. 11. – № 2. – С. 222–230.
4. Маслобоев А.В., Бирюкова А.А. Генерализация бизнес-предложений субъектов инновационной деятельности на базе древовидных концептуальных моделей предметной области // Материалы IX Межд. научно-методич. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Воронеж: ВГУ, 2009. – Т. 2. – С. 491–495.
5. Маслобоев А.В., Шишаев М.Г. Механизмы коммуникации программных агентов в виртуальной бизнес-среде на основе локализации межагентных взаимодействий и распределения нагрузки // Информационные технологии в региональном развитии: Сб. науч. тр. ИИММ КНЦ РАН. – Апатиты: КНЦ РАН, 2008. – Вып. VIII. – С. 10–15.

Маслобоев Андрей Владимирович

– Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, кандидат технических наук, доцент, докторант, masloboev@iimm.kolasc.net.ru