

6. Zaripova V., Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits // Proceedings of the 11th Joint Conference, JCKBSE 2014, Volgograd, Russia, September 17–20, (2014), Communications in Computer and Information Science. Vol. 466 (2014). P. 521–532.

7. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model // Progress in systems engineering : Proceedings of the 23rd International Conference on Systems Engineering, August, 2014, Las Vegas, NV, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1089. 2015. P. 365–373.

8. Шикульская О. М., Герасимова В. А. Информационная система формирования компетентностной структуры основной образовательной программы : Россия : сертификат регистрации компьютерной программы № 2015616778, 23.06.2015.

УДК 004.4'244

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ И МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ¹

И. Ю. Петрова*, А. Д. Кравец**

**Астраханский инженерно-строительный институт (Россия)*

***Волгоградский государственный технический университет (Россия)*

В данной статье приведены результаты анализа современного состояния исследований и методов реализации проектов, связанных с мультиагентными системами. Выявлено наличие широкого интереса в проведении исследований мультиагентных систем среди российских и иностранных ученых. Проанализирован ряд крупных систем, функционал которых позволяет осуществлять проектирование мультиагентных систем, являющихся, таким образом, аналогами разрабатываемому генератору интеллектуальных мультиагентных систем. В ходе проведенного анализа аналогов были выявлены недостатки существующего подхода к проектированию и разработке мультиагентных систем. По результатам анализа разработан новый метод проектирования мультиагентных систем. Метод позволяет повысить роль эксперта предметной области в разработке системы и обеспечивает возможность имплементации интеллектуальных методов в структуру агентов. Метод основан на применении в проектировании системы генерации интеллектуальных мультиагентных систем. Данная система выполняет генерацию мультиагентной системы на основе предварительно подготовленного набора интеллектуальных методов и структур агентов. В процедуре построения схемы взаимодействия мультиагентного модуля система использует технологии визуального программирования и быстрого прототипирования.

Ключевые слова: мультиагентные системы, генерация систем, интеллектуальные методы.

Following article contains results of an analysis of current state in a field of researching and development methods of multi-agent based projects. It is shown that the object of multi-agent system is of great interest of a number of Russian and foreign scientists. In addition, the article contains analysis of a set of major systems which functionality allows performing of

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-07-06254 А и № 15-37-50355 мол_нр).

multi-agent systems development, so these systems are similar to an intellectual multi-agent systems generator in development. During the analogue analysis, authors identified several common gaps in current approach to the process of development and design of multi-agent system. A new method of multi-agent system design was developed as a result of analogue analysis. The method allows increasing a role of subject area expert in the process of system development. It also provides options to implement of modern intellectual methods in agents' structure. The method is based on usage of multi-agent generation system in a design process. The system performs generation of multi-agent system based on previously developed set of intellectual methods and agent structures. System exploits technologies of visual programming and rapid prototyping in a design process of inter-agent collaboration schema.

Keywords: *multiagent systems, system generation, intellectual methods.*

Введение

Причиной изучения и создания мультиагентных систем обычно является потребность в организации работы набора программных или аппаратных агентов, таких как, например, программные агенты, осуществляющие свою деятельность в Интернете. В статье [1] Интернет рассматривается как платформа взаимодействия между распределенными вычислительными модулями, которым присущи функции мотивации и самообучения. В настоящее время разработан теоретический аппарат, который может быть использован для распределенных систем и систем искусственного интеллекта, а также на микроэкономическом уровне в экономике, исследовании операций, в психологии и лингвистике. На основе достигнутых результатов в теоретическом плане развивается и сфера практического применения мультиагентных систем. Таким образом, мультиагентные системы - быстроразвивающаяся область информационных технологий, особенно для распределенных вычислений (до 80% всех возможных направлений применения мультиагентных технологий в программном обеспечении). В настоящее время мультиагентные информационные системы, сокращенно МАС, широко применяются в технике, медицине, сельском хозяйстве и экономике [2].

Современное состояние исследований мультиагентных систем

Понятие «агент» появилось в результате развития теории и методов объектно-ориентированного программирования (ООП). Искусственный агент может быть представлен как некий метаобъект, наделенный определенной долей субъективности, т.е. он способен управлять другими объектами, создавать и уничтожать их, а также взаимодействовать с окружающей средой и другими агентами. Таким образом, агент - это активный искусственный объект, который существенно сложнее традиционных объектов в объектно-ориентированном программировании. Он может использовать объекты, управляя ими или изменяя их состояние с целью достижения поставленной задачи [3]. Поэтому минимальный набор базовых характеристик произвольного агента включает следующие свойства:

- активность,
- способность к организации и реализации действий;

- автономность,
- относительная независимость от окружающей среды,
- наличие некоторой степени свободы благодаря хорошей обеспеченности ресурсами;
- общительность, необходимая для совместного решения своих задач совместно с другими агентами, которая обеспечивается развитыми протоколами коммуникации между ними;
- целенаправленность, обусловленная собственными источниками мотивации.

В настоящее время развиваются новые подходы к разработке алгоритмов поведения интеллектуальных агентов (ИА), основанные на визуальном программировании, которые оказываются более удобными и эффективными.

При создании распределённых систем многоагентные информационные технологии позволяют сочетать в одной системе как универсальные протоколы, так и любые другие средства работы с конкретными типами баз данных. Уже на этапе проектирования в такую систему закладывается гибкость, горизонтальная и вертикальная расширяемость, существенно упрощается решение задач распределения нагрузки между серверами. Использование интеллектуальных методов при построении агента позволяет добиться наиболее адекватного, своевременного и оптимального результата его агента.

Для реализации принципа универсальной генерации агента была разработана модель, основанная на двух основных компонентах, взаимодействующих между собой:

- банк интеллектуальных агентов,
- генератор кода агентов.

В банк интеллектуальных агентов включены предварительно разработанные интеллектуальные методы, которые могут быть использованы в структуре агентов. Такой банк включает в себя различные методы, такие как поведенческие алгоритмы, распознавание образов, интеллектуальный анализ информации и другие.

Генератор агентов использует ряд структур агентов из банка и системы их взаимодействия. На основе выбранных интеллектуальных методов и, используя настройки, отражающие представление эксперта о поведении мультиагентной системы в среде, генератор автоматически создает код системы, реализуя поставленные перед системой задачи [4].

Повышение эффективности работы с информацией на предприятиях возможно за счет активного применения информационных систем обработки информации. Задача построения таких информационных систем решается в двух направлениях: поддержка рабочих процессов и поддержка эвристической деятельности. Для создания системы, обеспечивающей весь

цикл агрегации, анализа и распознавания информации целесообразно использовать мультиагентный подход, который в последние годы стремительно развивается. Ему посвящено множество научных исследований, среди которых можно выделить труды В. И. Городецкого, В. Б. Тарасова, В. Ф. Хорошевского, R. Brooks, T. Finin, N. Jennings, H. Nwana, M. Wooldridge.

Анализ существующих мультиагентных систем

В ходе работы авторами были исследованы несколько популярных платформ и библиотек для создания мультиагентных систем (мультиагентная программируемая среда NetLogo, библиотека мультиагентной разработки JADE, ядро мультиагентной библиотеки MASON). Эти платформы и библиотеки могут быть использованы в целях создания мультиагентной системы с любой структурой агентов и их взаимодействия, однако, добавление новых или изменение существующих структур и алгоритмов, выполняемое в целях соответствия потребностям пользователей и сохранения адекватности по отношению к окружающей среде, вынуждает организацию, заинтересованную в данной мультиагентной системе, привлекать значительные ресурсы, начиная разработку практически с самого начала [5–7]. По результатам анализа у существующих сред был выявлен ряд недостатков, позволяющих поделить их на две группы:

1. Агенты, созданные в системе, не выполняют никакой реальной работы, но лишь моделируют поведение агентов в системе (MASON).

2. Агентов можно настроить для выполнения ряда реальных задач, но каждую группу агентов необходимо создавать в системе практически заново, привлекая значительные трудовые ресурсы (JADE, NetLogo).

Интеграция интеллектуальных методов, позволяющих обеспечить корректное взаимодействие агента и окружающей среды, также может стать значительным препятствием разработке мультиагентной системы, так как может потребовать использования для этой цели других платформ и средств разработки [8, 9].

В ходе работы был проведен анализ ряда моделей разработки программного обеспечения. Поскольку выработанные ранее концепт и модели функционирования автоматизированной системы предполагают высокую роль эксперта в проектировании генерируемых мультиагентных модулей, было принято решение отказаться от использования классических моделей разработки программного обеспечения, таких как итеративное или каскадное. Для генерации агентов и мультиагентных систем предлагается использовать методологию быстрого прототипирования. Быстрое прототипирование – концепция создания программного обеспечения, уделяющая особое внимание скорости и удобству программирования и основанная на идее скорейшего получения прототипа программы [10]. Такой подход, совмещенный с приемами визуального программирования, позволит пользователю создавать мультиагентные системы без привлечения разработчика. Быстрое

прототипирование предполагает использование в структуре системы набор заранее спроектированных методов решения планируемых задач, что отражает идею создания банка интеллектуальных методов, являющихся, в данном случае, шаблонами создаваемых агентов. Такая система предоставляет эксперту возможность уже на ранних этапах получить рабочий прототип системы, перенастройка или изменения в котором будут наиболее наглядны для неквалифицированного, как программист, пользователя.

Методика проектирования интеллектуальных мультиагентных систем

Разработана методика *проектирования интеллектуальных мультиагентных систем* с использованием средств визуального программирования и компонентно-ориентированного подхода (рис. 1) [11].

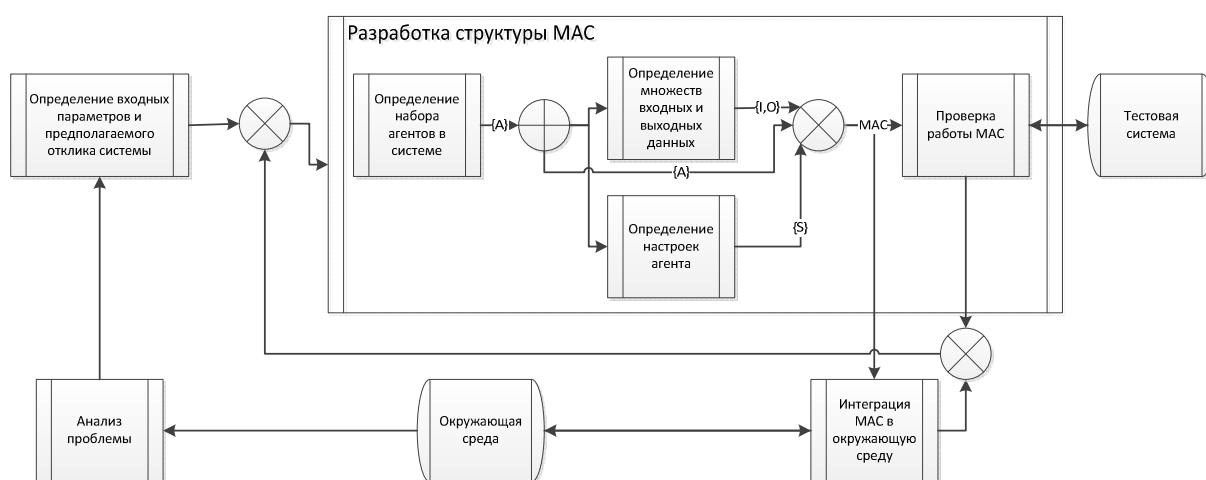


Рис. 1. Схема методики проектирования мультиагентных систем

Этапы методики:

- анализ проблемы в предметной области, решать которую призвано создание МАС;
- определение множества входных параметров $\{IS\}$ и вида предполагаемого $\{OS\}$ отклика проектируемой системы;
- итеративный процесс разработки структуры МАС посредством визуального программирования, разделенный на следующие этапы:
 - определение набора агентов $\{A\}$ в системе;
 - определение множеств источников входных $\{IA\}$ и приемников выходных $\{OA\}$ параметров для каждого агента;
 - определение набора частных настроек $\{SA\}$ для каждого агента;
 - проверка работы МАС на тестовых данных в среде, приближенной к целевой;
 - интеграция МАС в окружающую среду.

В целях реализации идеи универсальной генерации агента выработана модель генерации, основанная на двух основных компонентах: банка интеллектуальных методов и генератора кода агентов.

Банк интеллектуальных методов состоит из предварительно разработанных интеллектуальных методов, которые могут применяться в структуре агентов. Банк включает в себя методы различных направлений, таких как поведенческие алгоритмы, распознавание образов, интеллектуальный анализ информации и другие. Методы банка организованы иерархически, формируя классификацию по целям и функционалу, осуществляющимися агентами, в которые эти алгоритмы будут внедрены [12].

В рамках подхода к генерации исходного кода программы необходимо выполнить преобразование графа переходов автомата в исходный код программы. Вопрос об автоматической генерации кода с заданными свойствами является одним из вопросов, решаемых в рамках порождающего программирования (Generative Programming). В настоящее время в рамках порождающего программирования разработано множество способов генерации кода.

В случае задачи генерации кода МАС в распоряжении генератора агентов находится ряд структур агентов и систем их взаимодействия. Основываясь на выбранных интеллектуальных методах, а также ключевых выборах и настройках, отражающих представление эксперта о поведении мультиагентной системы в среде, генератор создает код системы по алгоритму, реализуя поставленные перед системой задачи.

Заключение

В данной статье приведены результаты анализа современного состояния исследований и методов реализации проектов, связанных с мультиагентными системами. Был проанализирован ряд крупных систем, функционал которых позволяет осуществлять проектирование мультиагентных систем. В ходе проведенного анализа аналогов были выявлены недостатки существующего подхода к проектированию и разработке мультиагентных систем. По результатам анализа разработан новый метод проектирования мультиагентных систем. Метод позволяет существенно оптимизировать процесс разработки МАС путем соответствия следующим утверждениям [13]:

1) повысить роль эксперта предметной области в разработке системы, а именно предоставить эксперту возможность выбора структуры агентов и системы их взаимодействия согласно его представлению о предметной области;

2) обеспечить возможность разработки агентов, основанных на интеллектуальных методах, что позволит системе адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования;

3) использовать в процедуре построения схемы взаимодействия МАС технологию быстрого прототипирования в целях повышения адекватности

отклика проектируемой системы путем увеличения количества итераций разработки;

4) выполнять генерацию агентов на основе подготовленного набора интеллектуальных методов при непосредственном участии эксперта.

Метод основан на применении в проектировании системы генерации интеллектуальных мультиагентных систем. Данная система выполняет генерацию мультиагентной системы на основе предварительно подготовленного набора интеллектуальных методов и структур агентов. В процедуре построения схемы взаимодействия мультиагентного модуля система использует технологии визуального программирования и быстрого прототипирования.

Список литературы

- 1 Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М. : Эдиториал, 2002. 352 с.
- 2 Arcangeli Jean-Paul, Noël Victor, Migeon Frédéric. Software Architectures and Multi-agent Systems // Software Architecture 2. 2014. P. 171–207.
- 3 Uhrmacher Adelinde M., Weyns Danny. Multi-Agent Systems: Simulation and Applications. CRC Press, 2009.
- 4 Авдеенко Т. В., Васильев М. А. Мультиагентный подход с использованием нечеткого моделирования в задаче многокритериального принятия решений // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2010. № 1. С. 63–74.
- 5 Крылов И. Б. Математические методы и мультиагентный подход, применяемые при разработке интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. 2014. С. 333–336.
- 6 Нгуен Д. Х., Камаев В. А., Кизим А. В., Быков Д. В. Организация системы документооборота на основе мультиагента // Безопасность информационных технологий. 2012. № 1. С. 130–132.
- 7 Яровенко В. А., Фоменков С. А. Freeagent-платформа для разработки мультиагентных систем // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2012. Т. 4. № 13. С. 164–166.
- 8 Яровенко В. А., Фоменков С. А. Особенности применения мультиагентного подхода при разработке системы обработки структурированных физических знаний // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 8. С. 132–134.
- 9 Кравец А. Д., Фоменков С. А., Кравец А. Г. Разработка модели генерации интеллектуальных агентов // Сборник научных трудов SWORLD. 2012. Т. 5, № 3. С. 59–61.
- 10 Lange A. B., Schultz U. P., Sørensen A. S. Unity: A Unified Software/Hardware Framework for Rapid Prototyping of Experimental Robot Controllers using FPGAs // ICRA 2013-Eighth full-day Workshop on Software Development and Integration in Robotics (SDIR VIII). 2013.
- 11 Кравец А. Д., Фоменков С. А., Кравец А. Г. Проектирование генератора интеллектуальных мультиагентных систем // Сборник научных трудов SWORLD. 2012. Т. 13, № 4. С. 42–46.
- 12 Кравец А. Д., Кравец А. Г., Шевченко С. В. Генератор агентов мультиагентной системы сбора данных о перспективных технологиях // Вестник ХПИ. 2012. № 29. С. 92–97.
- 13 Kravets A. G., Kravets A. D., Korotkov A. A. Intelligent multi-agent systems generation // World applied sciences journal. 2013. V. 24, № 24. P. 98–104.