

УДК 004.896

МЕТОД РАЗРАБОТКИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ И ИНТЕГРАЦИИ С КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аксенов К.А.¹, Спицина И.А.¹, Сысолетин Е.Г.¹, Македонский А.М.¹, Аксенова О.П.¹

¹ФГАОУ ВПО «Уральский Федеральный Университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620002, Россия, e-mail: wiper99@mail.ru

В работе описан метод интеграции имитационных моделей, используемых в корпоративной информационной системе предприятия. Рассматривается задача интеграции на примере моделей реального времени, используемых в процессах управления, диагностики и принятия решений. В основе предлагаемого метода используется мультиагентный подход на основе распределенных агентов со знаниями. В качестве динамической модели используется мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов, поддерживающая многоподходное моделирование (дискретно-событийное, агентное, сети массового обслуживания). Для обоснования предлагаемого технического решения модуля интеграции проведен анализ существующих брокеров сообщений. Представлена онтология предметной области, используемая для семантической интеграции данных, необходимых для имитационного моделирования технологических процессов, бизнес-процессов и процессов логистики. Для обеспечения кроссплатформенности системы при разработке используется язык программирования Java.

Ключевые слова: имитационное моделирование, интеграция имитационных моделей, процесс преобразования ресурсов

THE DEVELOPMENT METHOD OF REAL TIME SIMULATION MODELS AND INTEGRATION WITH ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM

Aksyonov K.A.¹, Spitsina I.A.¹, Sysoletin E.G.¹, Makedonsky A.M.¹, Aksyonova O.P.¹

¹Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19), e-mail: wiper99@mail.ru

This article describes method of integration of simulation models, that being used in corporate information enterprises system. Integration's task is researched on example of real-time models, that being used in control's processes, diagnostic and making decisions. In base of presented method is used multiagent's way based on agents with knowledge. Multiagent's model of resources transformation process, that being supported multi-time modeling (discrete event, agent, queueing system), is used like dynamic model. For justification of the proposed technical solution of integration's module, existing MQ services were analyzed. Domain ontology, that being used for semantic integration of data, that necessary for simulation of technological processes, business processes and logistics processes, is presented. The Java programming language is used for system development for providing cross-platform ability.

Keywords: simulation, simulation models integration, resources conversion process

Введение

Развитие современных технологий позволяет крупным промышленным предприятиям получать и хранить огромные массивы данных, описывающие технологические, логистические и организационные задачи предприятия. Эти данные могут быть использованы для имитационного моделирования различных аспектов его деятельности. Результаты моделирования могут быть использованы для контроля качества выпускаемой продукции, предотвращения брака, оптимизации логистических и организационных схем. Интеграция этих

моделей, контур управления предприятия посредством взаимодействия с корпоративной информационной системой посредством разработки единого модуля представляется актуальной задачей.

Основная часть

Тренд развития корпоративных информационных систем ориентирован на широкое применение Интернет-технологий. В настоящее время коммерческие продукты класса систем имитационного моделирования процессов, представленные на рынке (AnyLogic, ARIS, G2), являются Desktop-приложениями. При разработке сложных имитационных моделей в команде дополнительными требованиями к системам имитационного моделирования (СИМ) выступают следующие: поддержка многопользовательского режима, доступ к модели через сеть Интернет, проведение экспериментов через сеть Интернет. Сравнительный анализ систем [3] показал, что наибольшей функциональностью СИМ обладают продукты AnyLogic, BPsim. В направлении сервисно-ориентированной архитектуры развивается только G2 [3]. На данный момент технология SaaS (Software as a service) является наиболее удобной в использовании, оптимальной в плане производительности и требований ресурсов от клиентской части приложения (со стороны конечного пользователя системы, в нашем случае это аналитик и/или лицо, принимающее решения). Таким образом, актуальной является задача разработки модуля интеграции моделей для серверов имитационного моделирования на основе сервисно-ориентированного подхода.

Архитектура мультиагентной системы (МАС) на примере модуля интеграции моделей АС ВМП содержит следующие программные агенты:

- агент обмена данными (используется для актуализации параметров модели и передачи данных (результатов эксперимента) в КИС);
- агент моделирования (используется для решения задач управления процессами в реальном масштабе времени на основе реал-тайм моделей);
- агент обмена сообщениями (используется для обеспечения взаимодействия между агентами обмена данных и моделирования). Данный агент решает задачи запуска (активизации) реал-тайм моделей на основе событий и правил активизации, а также для передач сообщений в корпоративной информационной системе (КИС), например, в MES-систему или в соответствующий АРМ аналитика (предметного специалиста, технолога).

Метод проектирования, разработки и эксплуатации моделей реального времени базируется на методике анализа организационно-технических процессов и разработке информационных

систем, включающий интеграцию структурного и объектно-ориентированного подходов, имитационного и мультиагентного моделирования [2], и состоит из следующих этапов:

- 1) разработка имитационной модели в модуле создания моделей;
- 2) проведение экспериментов с целью верификации модели и проверки ее адекватности в модуле имитационного моделирования. На этапе эскизного проектирования для этих целей используется система BPsim.MAS [1-2];
- 3) проектирование модели реального времени с целью ее дальнейшего использования в модуле интеграции моделей и взаимодействия с другими подсистемами КИС предприятия. На этапе эскизного проектирования для этих целей используется система BPsim.SD [6], которая реализует следующие подэтапы проектирования: а) описание архитектуры модуля интеграции моделей с использованием DFD-диаграмм, диаграмм прецедентов и последовательности языка UML; б) представление онтологии предметной области в виде диаграммы классов языка UML; в) моделирование пользовательского интерфейса модуля.
- 4) тестирование и отладка модели реального времени в КИС;
- 5) эксплуатация.

Использование моделей реального времени означает, что время моделирования должно быть не больше заданного значения и моделирование должно быть закончено до начала поступления следующей порции данных из КИС. Следовательно, при интеграции таких моделей следует учитывать следующие особенности:

- производительность – архитектура АС ВМП должна ориентироваться на максимальное использование ресурсов сервера;
- масштабируемость – возможность работы моделей на нескольких компьютерах, а также возможность эффективно использовать многопроцессорные компьютеры.

Для обеспечения этих возможностей необходимо, чтобы каждая модель выполнялась как самостоятельный процесс. Для взаимодействия процессов необходимо использовать специальные механизмы, включенные в модуль интеграции.

Предлагается проводить интеграцию на уровне данных – каждая модель проводит анализ данных, поступающих из хранилища данных (ХД), результаты моделирования поступают либо в ХД, либо непосредственно в КИС.

В общем случае, можно выделить следующие уровни интеграции данных [4]: физический; логический; семантический. Для семантической интеграции данных необходимо разработать единую онтологию предметной области, которая позволяет учитывать семантические свойства.

В ходе анализа предметной области была разработана онтология. При этом использовался подход, описанный в работе [7]. За основу взята модель «сущность-связь» П. Чена, поскольку предполагается хранить все данные в реляционной БД, и расширена так, что она позволяет хранить другие модели «сущность-связь» и связанные с ней данные.

Этот метод был дополнен возможностями учитывать причинно-следственные связи и знания лиц, принимающих решения. Для этого была использована семантическая модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов (МППР) [1]. Затем она была расширена элементами онтологии проектов логистики, представленной в [8], и адаптирована под специфику задачи логистики при производстве металлургической продукции. Также в онтологию вошли элементы технологического и организационного процесса. Разработанная онтология представлена на рис. 1.

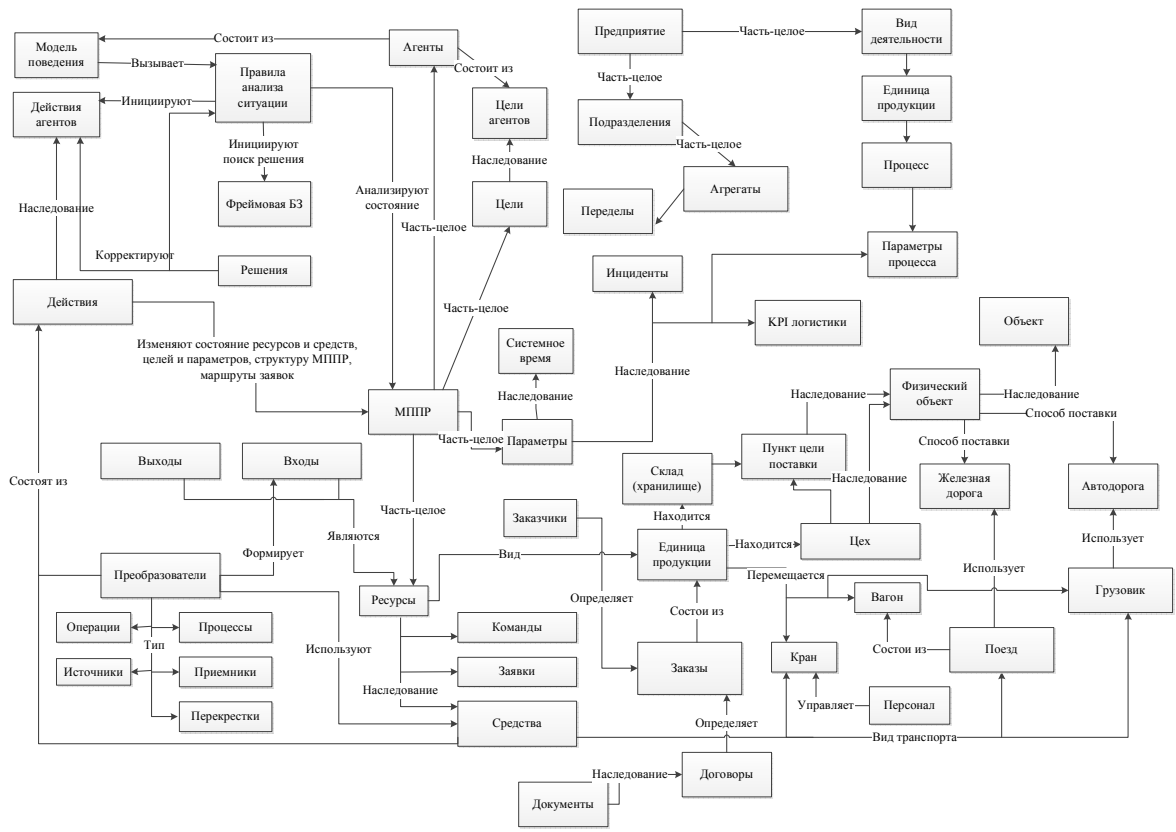


Рисунок 1 – Онтология предметной области

Метод интеграции моделей включает в себя решение нескольких задач [4]. Кратко рассмотрим их.

Современной схемой взаимодействия системы интеграции моделей с автоматизированной информационной системой (АИС) предприятия является автоматическое получение необходимых для моделирования данных непосредственно из АИС (рис. 2). Для их передачи

предлагается воспользоваться системой очереди сообщений (MQ (Messages queue)), которая представляет собой архитектуру и ПО промежуточного уровня, которое занимается сбором, хранением и распределением сообщений между потребителями [5].

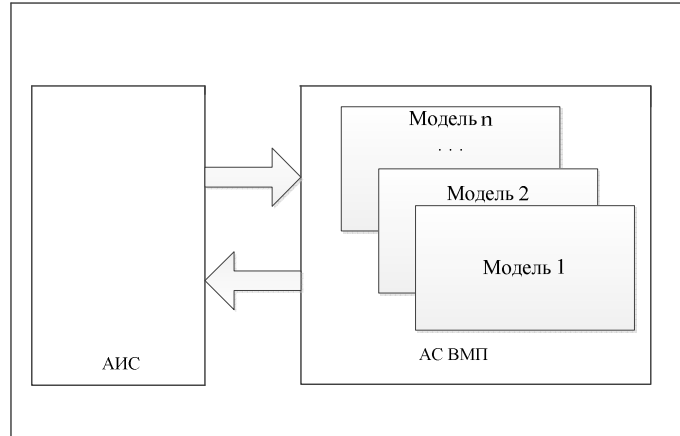


Рисунок 2 – Схема взаимодействия модуля интеграции и КИС

В ходе работы был проведен анализ существующих брокеров сообщений – программного обеспечения гарантированной пересылки сообщений между приложениями. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 9.3. Сравнение брокеров очередей.

Критерии	Redis	RabbitMQ	ActiveMQ	Socket.IO
Скорость	высокая	высокая	высокая	высокая
Масштабируемость	высокая	высокая	высокая	высокая
Кластеризация	нет	да	да	нет
Поддержка Java	да	да	да	да
Простота использования	высокая	средняя	средняя	высокая

Поскольку реализация на основе REDIS и Socet.IO обмена сообщениями более простая, то они были выбраны для обмена данными между АИС и АС ВМП.

Создание интегрирующей модели данных

Интегрирующая модель данных представляет собой основу единого пользовательского интерфейса в системе интеграции. Поскольку предполагается использование веб-интерфейса для системы интеграции моделей, то целесообразно в качестве модели интеграции применить решение, основанное на стандартах JSON (англ. JavaScriptObjectNotation) и XML.

Применение концепции Model-view-controller

При разработке системы интеграции моделей предлагается использовать концепцию MVC (от англ. Model-view-controller) – схема использования нескольких шаблонов проектирования, с помощью которых модель данных приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента так, что модификация одного из компонентов оказывает минимальное воздействие на остальные [9]. Система интеграции моделей включает в себя общие классы, которые реализуют типовые способы получения данных из АИС и представления результатов моделирования (значение параметра, графики и т.п.).

Поскольку модуль интеграции имеет мультиагентную структуру, рассмотрим соответствие элементов программного агента элементам MVC на примере реактивного агента с одним правилом («если» $a > b$, «то» $a = a - b$). На рис. 3 представлена DFD-диаграмма, описывающая работу этого агента. Хранилища данных представляют собой рабочую память (РП), которая необходима для хранения переменных. Операции на диаграмме – правила «если» и «то». В программной реализации агента формулы, содержащиеся в условиях «если» и «то» правил агента, переходят в описание метода соответствующего класса.

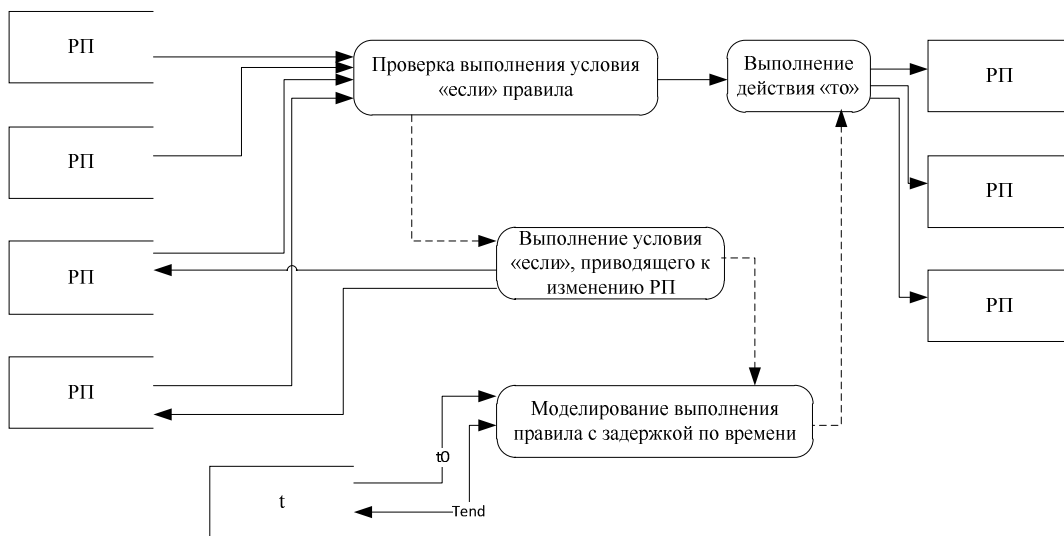


Рис. 3 – Пример DFD-диаграммы для реактивного агента с одним правилом

Таким образом, с точки зрения MVC РП играет роль *Модели*, а машина логического вывода и правила агента – *Контроллер*. При необходимости визуального отображения результатов моделирования для пользователя соответствующие классы будут играть роль *Представления*.

Разработка механизмов семантической интеграции источников данных

В качестве механизмов семантической интеграции источников данных предлагается использовать объектно-реляционное отображение — технологию программирования, которая позволяет преобразовывать несовместимые типы моделей между реляционным хранилищем данных и объектами программирования. Данная технология реализуется в ORM-системах. В результате анализа для дальнейшей разработки были выбраны Morphia и Cayenne поскольку: а) их функциональные возможности удовлетворяют потребности системы интеграции моделей; б) Cayenne удобен возможностью визуальной разработки связки программных классов и сущностей в БД. Это сокращает конечное время разработки и отладки.

В результате проведенного анализа был разработан прототип модуля интеграции моделей для АИС «Автоматизированная система выпуска металлургической продукции (АС ВМП)». В силу того, что на данном этапе не все модули АС ВМП реализованы, то для тестирования и проведения экспериментов была проведена эмуляция поступления параметров с технологического процесса. Необходимые для модуля интеграции имитационных моделей данные передовались соответствующим моделям для анализа и выдачи результатов. Эмулировалась передача результатов работы моделей для дальнейшей обработки в КИС.

Заключение

Использование имитационного моделирования для анализа технологических, логистических и организационных задач предприятия представляется перспективным направлением. Исследованный в работе метод интеграции имитационных моделей был реализован на практике и прошел успешные тестовые испытания.

Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167).

Список литературы

1. Аксенов К.А. Теория и практика средств поддержки принятия решений: монография – Germany, Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 341 с.
2. Аксенов К.А., Антонова А.С., Спицина И.А. Анализ и синтез процессов преобразования ресурсов на основе имитационного моделирования и интеллектуальных агентов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – СПб. – 2011. - № 1 (115). – С. 13-20.

3. Аксенова О.П., Аксенов К.А., Камельский В.Д., Неволлина А.Л. Анализ организации распределенной многопользовательской работы в системах имитационного моделирования бизнес-процессов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. - № 5. URL: <http://www.science-education.ru/105-6936> (дата обращения: 03.09.2012).
4. Когаловский М.Р. Методы интеграции данных в информационных системах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cemi.rssi.ru/mei//articles/kogalov10-05.pdf> (дата обращения 11.10.2013).
5. Краткий обзор MQ (Messages queue) для применения в проектах на PHP. Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://abrdev.com/?p=503> (дата обращения 08.10.2013)
6. Aksyonov K., Spitsina I., Bykov E., Smoliy E., and Aksyonova O. Computer-supported software development with BPsim products family – integration of multiple approaches // Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA). (22-25 June 2009). – Zhuhai/Macau, China, 2009. – P. 1532-1536.
7. Dominic Girardi, Johannes Dirnberger, Johannes Trenkler A Meta Model-Based Web Framework for Domain Independent Data Acquisition // ICCGI 2013: The Eighth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology. Nice, France, 2013. – P. 133-138.
8. Kowalski M., Zelewski S., Bergenrodt D., Klupfel H. Application of new techniques of artificial intelligence in logistics: an ontology-driven case-based reasoning approach // Proceedings of European Simulation and Modelling Conference 2012 (October 22-24, 2012, FOM University of Applied Sciences). – Essen, Germany, 2012. – P.323-328.
9. Model-view-controller [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller> (дата обращения 15.10.2013).

Рецензенты:

Поршнеv С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Радиоэлектроники информационных систем, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Доросинский Л.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Информационных технологий, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

