

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института прикладных  
математических исследований  
Карельского Научного Центра  
Российской Академии Наук,

проф., д.ф.-м.н. В. В. Мазалов



« \_\_\_\_\_ »

« 5 » « октября » 2014 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Ломова Александра Андреевича по теме «Модели и механизмы для автоматизации программирования косвенного взаимодействия агентов интеллектуальных пространств», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

#### Актуальность избранной темы диссертации

Современное развитие технологий привело к появлению огромного разнообразия вычислительных устройств, способных выполнять сетевые коммуникации друг с другом. В результате наблюдается переход к «Интернету физических устройств» (англ. Internet of Things). Особое значение получает проблема интероперабельности (возможности взаимодействия), включая вопросы организации как сетевых коммуникаций, так и эффективного обмена информацией. Построение сервисно-ориентированной информационной системы как «интеллектуального пространства» (англ. smart space) основано на подходе многоагентных систем. Программные агенты выполняются на доступных устройствах вычислительной среды и взаимодействуют друг с другом косвенно, через разделяемое использование информации с применением технологий Семантического веба. Программирование такого взаимодействия

может включать специализированные модели и механизмы, чтобы обеспечить модельно-ориентированную разработку прикладной системы в терминах объектов проблемной области.

Таким образом, тема диссертационной работы Ломова А. А. является актуальной, посвящена разработке системных программных средств и направлена на повышение эффективности разработки прикладного программного обеспечения за счет применения новых моделей и механизмов для автоматизации программирования косвенного взаимодействия агентов интеллектуальных пространств.

### **Анализ содержания диссертационной работы**

Текст диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Материал диссертационного исследования изложен на 137 страницах машинописного текста. Список литературы включает 98 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, а также результаты, выносимые на защиту.

В **первой главе** рассматриваются интеллектуальные пространства и технологии Семантического веба с учетом задачи разработки сервисно-ориентированных систем для условий «Интернета физических устройств» — разнообразные устройства локализованы в физическом окружении и могут выполнять сетевые коммуникации как друг с другом, так и с внешними системами. Исследованы существующие уровни разработки программных агентов на основе низкоуровневого и высокоуровневого подходов. Представлены особенности косвенного взаимодействия и приводятся его основные типы. Определены следующие базовые задачи программирования взаимодействия: 1) представление объектов проблемной области в программном коде агента, 2) параллельный доступ к нескольким интеллектуальным пространствам с поддержкой интеграции информации, 3) отслеживание изменений информационного содержимого интеллектуального пространства и синхронизация изменений с локальными данными, 4) обработка объектов с вне-

сением множественных изменений в информационное содержимое. Определены пути автоматизации решения базовых задач программирования за счет применения промежуточного программного обеспечения и модельно-ориентированной разработки агента.

Во второй главе предложен метод программирования косвенного взаимодействия агентов на основе специализированных моделей взаимодействия. Проблемная область моделируется с помощью набора онтологий. Основу метода составляет понятие онтологической библиотеки, которая для заданного агента реализуется как промежуточное программное обеспечение. В результате, становится возможной разработка агента на уровне объектов проблемной области. Генерация программного кода онтологической библиотеки выполняется автоматически по заданным онтологиям и с учетом требуемого класса целевых вычислительных устройств, на которых должен запускаться программный агент.

Представлены три специализированные модели взаимодействия. Первая основана на общей модели многоэлементной сессии. Позволяет организовать взаимодействие агента с другими агентами, используя параллельное подключение к нескольким интеллектуальным пространствам с автоматической интеграцией информации из них. Вторая модель основана на операции подписки. Позволяет агенту отслеживать изменения в разделяемом информационном пространстве в терминах объектов проблемной области с автоматической синхронизацией, локально хранимых представлений объектов с изменениями, динамически происходящими, в интеллектуальном пространстве. Третья модель основана на обработке локальной группы объектов. Позволяет программировать в агенте обработку объектов таким образом, чтобы во время выполнения операций над локальными объектами, автоматически формировался один запрос на множественные изменения в интеллектуальном пространстве для выполнения в виде одной сетевой транзакции.

В третьей главе предложены механизмы программирования косвенного взаимодействия на основе специализированных моделей из предыдущей

главы. Механизмы определяют основные алгоритмические и программные компоненты для реализации предложенного метода программирования.

В четвертой главе рассмотрена платформа Smart-M3, предназначенная для разработки интеллектуальных пространств. Представлен разработанный автором диссертационной работы программный инструмент SmartSlog. Последний применяется для разработки Smart-M3 агентов. Описана реализация в этом инструменте полученных в главе 3 механизмов. На основе представленной реализации приводятся результаты применения онтологических библиотек для разработки агентов, включая варианты применения для разработки полноценной прикладной системы (является частью системы интеллектуального зала SmartRoom).

В заключении перечислены основные результаты выполненного диссертационного исследования, сделаны выводы об их практическом применении и соответствии паспорту специальности.

Список литературы (98 наименований) включает в себя работы как отечественных, так и зарубежных авторов. Достаточно полно представлены основные работы за последние пять лет по теме исследования.

### **Новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна представленной работы заключается в следующем.

1. Разработан метод программирования косвенного взаимодействия агентов на основе специализированных моделей взаимодействия и технологий Семантического веба.
2. Разработаны три специализированные модели взаимодействия агентов на основе 1) многоэлементной сессии, 2) операции подписки и 3) локальной обработки группы объектов онтологической модели, на основе которых возможно автоматизировать программирование косвенного взаимодействия агентов.
3. Реализованы механизмы программирования косвенного взаимодействия агентов на основе специализированных моделей в программном инструменте SmartSlog платформы Smart-M3.

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Достоверность результатов обусловлена корректным выбором методики исследования и подтверждена данными, полученными в ходе экспериментальной апробации механизмов программирования и при разработке агентов для прикладной системы интеллектуального зала (SmartRoom). Основные выводы по результатам исследований и рекомендации по их использованию обоснованы.

### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научную значимость представляют разработанные: 1) метод программирования косвенного взаимодействия агентов и 2) требуемые методом специализированные модели взаимодействия агентов и механизмы программирования такого взаимодействия, обеспечивающие автоматизацию разработки программных агентов. Эти результаты дают в совокупности эффективное решение для задачи организации косвенного взаимодействия агентов интеллектуального пространства на уровне объектов проблемной области и в условиях разнообразия аппаратно-программных вычислительных платформ для выполнения агентов.

Разработанный метод программирования косвенного взаимодействия позволяет реализовать прикладному разработчику основные типы взаимодействия агентов в интеллектуальном пространстве, учитывая ограничения целевых аппаратно-программных вычислительных платформ и программируя логику каждого агента на уровне объектов проблемной области, необходимых агенту при взаимодействии с другими агентами.

Разработанные специализированные модели позволяют организовать следующие варианты взаимодействия: 1) параллельное взаимодействие агента в нескольких интеллектуальных пространствах с автоматической интеграцией получаемой информации; 2) отслеживание агентом изменений в разделяемом информационном содержимом на уровне объектов проблемной области с автоматической синхронизацией изменений, получаемых агентом; 3) программирование в агенте обработки локальной группы объектов с автоматическим формированием во время выполнения агента запроса как сетевой транзакции на внесение множественных изменений в разделяемое информационное содержимое.

Применение реализованных в программном инструменте SmartSlog механизмов программирования косвенного взаимодействия позволяет повысить эффективность разработки агентов при создании интеллектуальных пространств на основе платформы Smart-M3.

**Результаты** диссертационной работы А.А. Ломова **рекомендуется использовать** в научных и проектных организациях, где требуется разработка программного обеспечения для исследования возможностей создания интеллектуальных пространств в условиях вычислительных сред «Интернета физических устройств». Рекомендуется применение полученного программного инструмента SmartSlog для разработки пилотных сервисов следующего поколения, построение которых требует вовлечения множества агентов и обрабатываемых ими источников информации.

Результаты работы полезно использовать в учебном процессе при подготовке студентов инженерных специальностей в рамках учебных дисциплин, связанных с информационно-коммуникационными технологиями, Семантическим вебом и разработкой интеллектуальных многоагентных систем. В частности, рекомендуется использовать полученные результаты в Петрозаводском государственном университете при подготовке студентов по направлениям «информационные системы и технологии» и «прикладная математика и информатика».

#### **Замечания по диссертационной работе:**

1) Из работы не ясно, насколько необходимо использование именно модели Семантического веба для разработки программных агентов интеллектуальных пространств. Например, неочевидно, возможно ли применение разработанного метода программирования и моделей взаимодействия разработки программных агентов в интеллектуальных пространствах при использовании вместо языка OWL другого формализма описания знаний (например, объектно-ориентированная сеть ограничений).

2) В первой главе приводятся основные типы косвенного взаимодействия, но не приведены примеры их использования, что затрудняет понима-

ние их применения разработчиком агентов и возникающих здесь проблем при реализации разработчиком основных типов взаимодействия.

3) В третьей главе для механизма генерации программного хода разработчик выполняет построение общей модели проблемной области и приводится формула  $O = o_1 + o_2 + \dots + o_n$  без необходимых пояснений того, как она связана с онтологиями, создаваемыми в редакторе Protégé. Также непонятно — возможно ли выполнить построение общей модели проблемной области при помощи других инструментальных средств, предназначенных для работы с онтологиями.

4) Экспериментальная часть в главе 4 отражена довольно кратко, нет ссылок на соответствующую литературу по данной тематике, не приведены расчёты цикломатической сложности для различных примеров программных агентов. На странице 107 приводится сравнение количества операций для низкоуровневого средства интерфейса С КРІ и библиотеки SmartSlog, но недостаточно четко определено понятие операции. Если операция составляет одну строку кода, то тогда приведенные результаты не показывают значительного сокращения объема программного кода.

Недостаточная полнота описания экспериментальной части затрудняет оценку эффективности применения полученных результатов диссертационной работы при разработки агентов. Для дальнейшего развития направлений, определенных диссертацией и, в частности, для развития программного инструмента SmartSlog необходимо большее внимание уделить экспериментальной части.

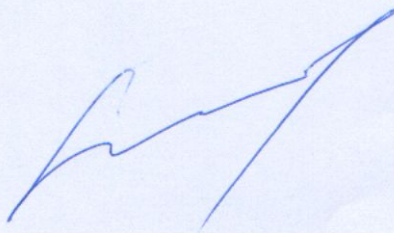
**Заключение.** Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать вывод о том, что диссертационная работа Ломова Александра Андреевича «Модели и механизмы для автоматизации программирования косвенного взаимодействия агентов интеллектуальных пространств» является законченной научно-исследовательской работой, в которой дано решение для задачи организации косвенного взаимодействия агентов интеллектуального пространства на уровне объектов проблемной области. Автореферат адекватно отра-

жает ее основное содержание, научную новизну, выводы и другие ключевые моменты диссертационной работы. Основные результаты опубликованы в открытой печати. Автор имеет три публикации в рецензируемых журналах из перечня ВАК («Программная инженерия», «Труды СПИИРАН», «Ученые записки ПетрГУ»), одну публикацию, индексируемую системой Scopus (UBICOMM 2010). Тематика диссертации, формулировка ее целей, научной новизны и областей применения полученных результатов подтверждают соответствие диссертации специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. По своему содержанию и полученным результатам работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Ломов Александр Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Отзыв ведущей организации был рассмотрен и утвержден на заседании 2 октября 2014 г., протокол № 10.

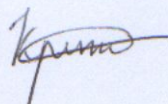
Отзыв составили:

И.о. заведующего лаборатории телекоммуникационных систем, д.т.н., доцент



А. А. Печников

И.о. заведующего лаборатории информационных компьютерных технологий, к.т.н.



А. А. Крижановский



**Сведения о составителях отзыва:**

Фамилия, имя, отчество: Печников Андрей Анатольевич

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра Российской академии наук

Должность: ведущий научный сотрудник Лаборатории телекоммуникационных систем Института прикладных математических исследований

Почтовый адрес: 185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11  
ИПМИ КарНЦ РАН

Телефон: +7 8142 76-63-12 (доп. 39)

E-mail: pechnikov@krc.karelia.ru

Фамилия, имя, отчество: Крижановский Андрей Анатольевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: нет

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра Российской академии наук

Должность: и.о. заведующего Лаборатории информационных компьютерных технологий Института прикладных математических исследований

Почтовый адрес: 185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11  
ИПМИ КарНЦ РАН

Телефон: +7 8142 76-63-12

E-mail: andrew.krizhanovsky@gmail.com

*Данные сверены и верны.*

*Зам. дир-я*



*Т. В. Кошкин*

*Т. В. Кошкин*