

УТВЕРЖДАЮ

Вр. и. о. директора
Института прикладных математических исследований
Центра
тии Наук,
Мазалов

_____»

__» 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Галова Ивана Викторовича по теме «Модели проектирования программной инфраструктуры интеллектуального пространства для ресурсно-ограниченных вычислительных сред», 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 существенного разнообразия вычислительных устройств (как функциональному, так и по имеющимся вычислительным ресурсам), каждое из которых может подключаться к сети Интернет и взаимодействовать друг с другом. В настоящее время наблюдается переход к Интернету вещей (от англ. Internet of Things, IoT), где особое значение приобретает проблема интероперабельности, включая вопросы организации как сетевых коммуникаций, так и эффективного обмена информацией. Для решения этой проблемы в диссертации предлагается использовать известный подход: создается интеллектуальное пространства (от англ. smart space) с целью использования имеющегося в вычислительной среде (IoT-среде) множества устройств для совместного построения ими информационных сервисов с

применением методов многоагентных систем. Программные агенты выполняются на доступных вычислительных устройствах IoT-среды. Взаимодействие их друг с другом выполняется косвенно, через информационное хранилище (как правило, локальное для IoT-среды), реализуя, тем самым, известный принцип единого информационного пространства. В диссертационной работе рассматривается организация такого косвенного взаимодействия агентов на уровне программной инфраструктуры, которая должна поддерживать специализированные модели и механизмы для обеспечения возможности построения сервисов программными агентами интеллектуального пространства в IoT-средах в условиях разнообразия участвующих вычислительных устройств и нестабильностью используемых сетевых соединений, что является распространенным явлением в массово появляющийся сейчас в окружении человека IoT-средах, являющихся ресурсно-ограниченным из-за расположения на периферии глобальной сети Интернет.

Таким образом, тема диссертационной работы Галова И. В. является актуальной, посвящена разработке программной инфраструктуры для организации косвенного взаимодействия программных агентов интеллектуального пространства и направлена на обеспечение технической возможности и повышение эффективности построения информационных сервисов в интеллектуальном пространстве при условии его создания в ресурсно-ограниченной IoT-среде.

Анализ содержания диссертационной работы

Текст диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Материал диссертационного исследования изложен на 150 страницах машинописного текста. Список литературы включает 129 наименований.

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

В **первой главе** определены ограничения на класс интеллектуальных пространств для выбора подходящего метода разработки.

Приводится анализ и дается положительная оценка платформе разработки интеллектуальных пространств Smart-M3, а также проведен анализ ряда других платформ.

Во **второй главе** предложен метод разработки программной инфраструктуры интеллектуальных пространств построения информационных сервисов. В этой главе вводится комплекс оригинальных моделей проектирования программного обеспечения, на которых основан предлагаемый метод: (1) концептуальная модель управления сетевым доступом для настройки информационного хранилища, (2) структурная модель для защиты от сбоев и восстановления системы, (3) онтологическая модель информационных уведомлений для построения информационного сервиса. Первые две модели представлены в данной главе, поскольку предназначены для применения при разработке промежуточного программного обеспечения (от англ. middleware) с целью реализации основных компонент программной инфраструктуры интеллектуального пространства, создаваемого в ресурсно-ограниченной IoT-среде.

В **третьей главе** представлено описание модели (3) – онтологической модели информационных уведомлений – для построения информационного сервиса для предложенного метода разработки программной инфраструктуры интеллектуальных пространств. Данная модель предназначена для применения при разработке интерфейсного программного обеспечения с целью использования компонент программной инфраструктуры со стороны прикладных агентов интеллектуального пространства (как правило, такие агенты являются мобильными клиентами для сервисов данного интеллектуального пространства). В соответствии с этой моделью заявлена возможность выполнения интеграции сервисов из других интеллектуальных пространств на основе операции подписки.

В **четвертой главе** описывается экспериментальное исследование свойств программных инфраструктур интеллектуальных пространств, разрабатываемых на основе предложенных метода и моделей проектирования для организации косвенного взаимодействия программных агентов. Используются реализованные автором информационное хранилище CuteSIB и компоненты программной инфраструктуры, обеспечивающий построение опорных сервисов, для референтного случая интеллектуального пространства - система проведения мероприятий совместной деятельности. Исследовалась производительность обработки операций в информационном хранилище, механизмов восстановления после сбоев в системе проведения мероприятий, производительность обработки информационных уведомлений и всей инфраструктуры в целом. Показано, что производительность реализаций приемлема для исследуемого референтного случая интеллектуального пространства.

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

Список литературы (129 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. Предложен метод разработки программной инфраструктуры ИП на основе новых моделей проектирования программного обеспечения для организации косвенного взаимодействия программных агентов, отличающийся возможностью создания интеллектуального пространства с использованием широкого разнообразия слабопроизводительных устройств в среде Интернета вещей, при низкой производительности локальных сетевых коммуникаций и без привлечения множества дополнительных вычислительных устройств.

2. Предложена концептуальная модель управления сетевым доступом программных агентов к информационному хранилищу на основе модульной системной архитектуры, отличающаяся возможностью настройки информационного хранилища для выполнения на заданном устройстве среды за счет выбора поддерживаемых операций сетевого доступа и способа их параллельной обработки.

3. Предложена структурная модель обеспечения устойчивости компонентов программной инфраструктуры к сбоям на основе многоуровневой системы восстановления, отличающаяся возможностью использования имеющихся в среде вычислительных устройств без привлечения множества дополнительных устройств или программных агентов.

4. Предложена онтологическая модель информационных уведомлений на основе общей онтологии вариантов косвенного взаимодействия для заданного ИП, отличающаяся возможностью унифицированного событийно-ориентированного программирования индивидуального участия агентов во взаимодействии при совместном построении ими информационного сервиса.

5. Реализован комплекс программных средств в соответствии с предложенными методом разработки программной инфраструктуры и моделями проектирования программного обеспечения для организации косвенного взаимодействия агентов.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов обусловлена корректным выбором методики исследования и подтверждена данными, полученными в ходе экспериментальной апробации компьютерной системы проведения конференций. Основные выводы по результатам исследований и рекомендации по их использованию обоснованы.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научную значимость представляет метод разработки программной инфраструктуры интеллектуальных пространств для построения информационных сервисов. Метод позволяет разработать программную инфраструктуру для создания требуемого интеллектуального пространства в условиях разнообразия и нестабильности сред Интернета вещей.

Практическую значимость представляют модели проектирования программного обеспечения, позволяющие разработать программную инфраструктуру с возможностями настроить информационное хранилище в соответствии с аппаратно-сетевыми ограничениями среды и требованиями предметной области, автоматизировать восстановление компонентов программной инфраструктуры после возникающих сбоев и организовать взаимодействие программных агентов при построении сервисов унифицированным способом. Реализовано информационное хранилище CuteSIB как основное программное средство для создания ИП в разнообразных ресурсно-ограниченных средах Интернета вещей.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс Петрозаводского государственного университета при подготовке студентов по направлениям «программная инженерия», «информационные системы и технологии» и «прикладная математика и информатика», применяются в рабочем процессе ООО «Опти-Софт» для проведения совещаний и семинаров, используются для проведения международных конференций Ассоциацией Открытых Инноваций FRUCT.

Результаты диссертационной работы И. В. Галова **рекомендуется использовать** в научных организациях, где требуется разработка программного обеспечения для исследования возможностей создания интеллектуальных пространств в условиях вычислительных сред «Интернета вещей». В частности, рекомендуется внедрение полученных результатов, связанных с перспективными исследованиями по разработке программной инфраструктуры интеллектуального пространства в Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), в международной лаборатории «Сетевые технологии в распределенных компьютерных системах» (<http://irc.ifmo.ru/ru/87853/>) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета Информационных технологий, механики и оптики (ИТМО), лаборатории «Интернет вещей» (<http://iotlab.ru/>) Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.

Практические результаты работы рекомендуется использовать в организациях, занимающихся разработкой сервисно-ориентированных Интернет-систем, в первую очередь, мобильных сервисов. В частности, рекомендуется внедрение полученного метода разработки результатов в таких компаниях, как ООО «Открытая мобильная платформа» (<http://omprussia.ru/>), ООО «Сандракс». Сами разрабатываемые с помощью этого метода Интернет-системы для предоставления новых информационных сервисов конечным пользователям рекомендуется использовать в таких организациях, занимающихся поставкой информационных услуг, как ПАО «МТС» (<http://www.mts.ru/>), ОАО «Межрегиональный ТранзитТелеком» (<http://www.mtt.ru/>), ЗАО «Polymedia» (<https://www.polymedia.ru/>).

Предложенные теоретические и практические разработки могут быть использованы 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 университетах ФГБОУ ВО СПбГУ и ФГАОУ ВО ИТМО.

Замечания по диссертационной работе:

1) В первой главе рассматриваются платформы Hydra, A3-TAG, KSpot+. Эти платформы анализируются и делается вывод о недостатке методов разработки программной инфраструктуры. Но методы и платформы – это не одно и то же.

2) В таблице 2.1. на с. 55 «Этапы метода разработки программной инфраструктуры» в явном виде не указана специфика: в чем здесь проявляется ограниченность ресурсов?

3) Использование разных шкал на рис. 4.11 и 4.12 (с. 119) не даёт возможности сопоставления двух кривых на одном графике.

Заключение. Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать вывод о том, что диссертационная работа Галова Ивана Викторовича «Модели проектирования программной инфраструктуры интеллектуального

пространства для ресурсно-ограниченных вычислительных сред» является законченной научно-исследовательской работой. В работе решена задача организации косвенного взаимодействия агентов интеллектуального пространства, создаваемого в ресурсно-ограниченной вычислительной среде, с целью построения информационных сервисов с непосредственным вовлечением вычислительных устройств среды в процесс построения сервисов. Эта задача и полученные решения являются значимыми для исследований в области «Интернета вещей».

Автореферат адекватно отражает 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») и 10 работ, в журналах, индексируемых системами Scopus и Web of Science. 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, Галов Иван Викторович, 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 семинаре лаборатории информационных компьютерных технологий 17 ноября 2017 г., протокол № 17/1.

Отзыв составил:

Руководитель лаборатории
информационных компьютерных
технологий, к.т.н.

А. А. Крижановский

ведущий научный сотрудник
лаборатории информационных
компьютерных технологий,
д.физ.-мат., доцент

А. Н. Кириллов

Сведения о составителях отзыва:

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: Руководитель 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

Фамилия, имя, отчество: Кириллов Александр Николаевич

Ученая степень: доктор физико-математических 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 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: kirillov@krc.karelia.ru