

Отзыв

официального оппонента Каляева Игоря Анатольевича

на диссертацию Феоктистова Александра Геннадьевича на тему:
«Организация предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями», на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Развитие научно-технического прогресса требует от исследователей решения все более вычислительно сложных (крупномасштабных) научных задач. При этом использование для этих целей суперкомпьютеров зачастую становится невозможным, в следствие их огромной стоимости и необходимости содержания дорогостоящей инфраструктуры. Поэтому в настоящее время все более широкое распространение получает парадигма распределенных вычислений на основе пула гетерогенных динамически распределяемых вычислительных ресурсов. Использование такой гетерогенной распределенной вычислительной среды (ГРВС) позволяет существенно упростить и сделать доступным проведение крупномасштабных вычислительных экспериментов в междисциплинарных научных исследованиях. В то же время создание таких ГРВС требует решения целого ряда сложных научно-технических задач связанных с организацией вычислений в них. Поэтому совокупность задач интеллектуализации моделей работы ГРВС, разработки методов, алгоритмов и систем управления предметно-ориентированными распределенными вычислениями в ГРВС является актуальной научной проблемой, на решение которой ориентирована данная диссертационная работа.

Целью исследования является разработка технологии предметно-ориентированных распределенных вычислений, позволяющей согласовать критерии качества решения задачи и предпочтения владельцев ресурсов и улучшить показатели этих критериев и предпочтений по сравнению с известными метапланировщиками. Это достигается за счет разработки и

применения специализированной мультиагентной системы управления заданиями, которая использует дополнительные категории знаний для смягчения неопределенности при планировании вычислений и распределении ресурсов.

Структура и содержание работы. Диссертация включает введение, шесть глав, заключение, библиографию из четырехсот двух наименований, список принятых сокращений и одиннадцать приложений. Основной текст диссертации изложен на двухсот шестидесяти двух страницах и включает двадцать восемь таблиц и восемьдесят рисунков. Содержание диссертации адекватно отражено в ее автореферате.

В первой главе автором предложена агрегированная модель (АМ) предметно-ориентированной ГРВС, которая, в отличие от известных, позволяет осуществить взаимосвязанное представление алгоритмических знаний предметных областей решаемых задач, а также знаний о программно-аппаратной инфраструктуре среды и административных политиках, определенных для ее ресурсов. АМ обеспечивает фундаментальную основу для разработки моделей и алгоритмов управления вычислениями в ГРВС, включая планирование вычислений и распределения ресурсов. В главе также рассматриваются ключевые особенности вычислительной среды, на которую ориентированы диссертационные исследования. Проводится сравнительный анализ известных моделей управления заданиями в распределенных вычислительных средах. Предлагается подход к построению АМ предметно-ориентированной ГРВС. Описываются основные категории знаний, представленные в АМ такой среды, а именно алгоритмические знания предметных областей решаемых задач, знания о программно-аппаратной инфраструктуре среды, а также экспертные знания администраторов среды.

В второй главе рассматривается фрагмент АМ ГРВС (вычислительная модель), используемый для формулировки постановок задач, построения схем их решения, определения критериев качества выполнения вычислительных процессов и разработки механизмов многокритериального выбора управляющих воздействий. Формулируется постановка задачи

планирования вычислений и распределения ресурсов на этой вычислительной модели. Вводятся основные критерии качества (время выполнения модулей и схем решения задач, надежность и стоимость выполнения этих схем, а также показатели эффективности использования ресурсов) вычислительных процессов, отражающих предпочтения владельцев ресурсов и их пользователей. Разрабатываются модели определения этих критериев. Предлагается реализация многокритериального выбора управленческих решений.

В третьей главе рассматривается система классификации заданий, позволяющая использовать экспертные знания администраторов узлов ГРВС для детализации характеристик заданий различных классов с их привязкой к особенностям вычислительных ресурсов среды. Целью исследований, представленных в данной главе, является обеспечение возможности рационального распределения ресурсов системами управления вычислениями, используемыми в ГРВС, на основе предоставленных им дополнительных знаний, извлекаемых в процессе классификации. В свою очередь рациональное распределение ресурсов, как правило, ведет к повышению эффективности использования ресурсов и качества выполнения заданий.

В четвертой главе разрабатываются модели, алгоритмы и методы мультиагентного управления в ГРВС. Предлагаются методы интеллектуализации агентов ресурсов ГРВС, обеспечивающие возможности функционирования в динамичной среде в условиях неопределенности. Проведен сравнительный анализ известных мультиагентных методов и средств, используемых для управления распределенными вычислениями. Предложен мультиагентный алгоритм управления заданиями на основе рыночных механизмов регулирования спроса и предложения, обеспечивающий минимизацию потенциальных конфликтов интересов непосредственно между агентами, а также их владельцами и пользователями ГРВС.

В пятой главе решается актуальная проблема, связанная с разработкой научных приложений (пакетов прикладных программ) для решения крупномасштабных задач в ГРВС, которые могут включать различные

инфраструктуры (кластеры, грид-системы, облака) и обеспечивать их интегрированное использование. Предлагается подход к разработке приложений для таких сред, основанный на интеграции концептуального и модульного программирования. Для реализации данного подхода под руководством автора диссертации разработаны три инструментальных комплекса: DISCENT, предназначенный для организации кластерных грид-систем, а также DISCOMP и Orlando Tools, которые используются в качестве базовых сред параллельного программирования для разработки приложений. Приводятся примеры организации и применения ГРВС с различной вычислительной инфраструктурой. Рассмотрены инструментальные средства и технология организации предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде.

Шестая глава посвящена применению результатов диссертационного исследования при разработке распределенных пакетов прикладных программ (РППП). Приводятся научные и прикладные задачи, которые решены на основе РППП, разработанных с помощью созданных инструментальных комплексов DISCOMP и Orlando Tools, а также в экспериментальной Грид, созданной на базе инструментального комплекса DISCENT. Продемонстрировано успешное применение результатов исследования при решении крупномасштабных задач выявления критических элементов отраслевых систем энергетики и складской логистики.

Основные результаты диссертации обобщены в заключении.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов исследования, их научная новизна. Теоретическая значимость предложенных в диссертации агрегированной модели гетерогенной распределенной вычислительной среды, моделей и алгоритмов определения показателей качества решения задач в такой среде, системы классификации поступающих в среду заданий и мультиагентного алгоритма управления этими заданиями заключается в развитии существующего научно-методологического аппарата распределенных вычислений применительно к специфике организации предметно-ориентированных распределенных вычислений в гетерогенной среде на основе мультиагентного управления заданиями.

Применение разработанных инструментальных средств и технологии, реализующих вышеперечисленные модели и алгоритмы, позволяет обеспечить управление заданиями в предметно-ориентированной ГРВС на основе согласования заданных критериев качества решения задач и предпочтений владельцев ресурсов и тем самым существенно улучшить показатели этих критериев и предпочтений по сравнению с известными метапланировщиками, такими как GridWay и Condor DAGMan. Это определяет практическую значимость результатов диссертации, которая подтверждается использованием этих результатов в ряде научно-технических работ по проектам Министерства науки и высшего образования РФ, Президиума РАН, РФФИ и другим грантам.

Все перечисленные результаты, полученные в рамках диссертационной работы, являются новыми и оригинальными.

Апробация результатов диссертации. Полученные результаты научных исследований докладывались автором на ведущих международных, всероссийских и региональных конференциях. Они отражены в 76 научных работах, включая 22 публикации в российских журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 22 работы, проиндексированные в международных базах цитирования Web of Science и Scopus. На разработанное программное обеспечение получено 19 свидетельств о государственной регистрации. Личный вклад автора в перечисленных работах достаточно четко определен и не вызывает сомнений. Публикации полно отражают полученные результаты диссертации.

Соответствие паспорту специальности. Тематика и основные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» по следующим областям исследований: модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем (п. 3); модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования (п. 8).

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации научных положений и выводов подтверждается корректным применением выбранных методов исследования, анализом адекватности разработанных моделей и алгоритмов в рамках имитационного и полунатурного моделирования, а также путем их апробации в процессе решения ряда научных и прикладных задач.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Разработанные модели, алгоритмы и инструментальные средства могут быть самостоятельно использованы при реализации метапланировщиков для грид-систем и платформ облачных вычислений различного уровня.

Замечания.

1) Цель исследования сформулирована недостаточно четко, поскольку она не содержит измеримых критериев, с помощью которых можно доказать, что цель достигнута.

2) В работе предложен метод оценки времени выполнения задания, основанный на профилировании программы на некотором эталонном узле с последующей интерпретацией полученных результатов относительно характеристик целевого узла. При этом отсутствует обоснование выбора вычислительного узла в качестве эталонного. Очевидно, что от выбора эталонного узла и его характеристик будет в сильной степени зависеть точность оценки.

3) В работе не проведены исследования временных затрат на реализацию предложенных алгоритмов оценки времени выполнения задания, что не позволяет сделать однозначный вывод о возможности использования данных алгоритмов при оценке времени выполнения заранее неизвестных заданий, поступающих на ГРВС в произвольные моменты времени.

4) В работе предложена модель надежности схемы решения задачи в ГРВС, основанная на использовании дополнительного (резервного) набора узлов, обеспечивающих достижения требуемого показателя надежности. При этом не рассмотрены иные схемы обеспечения требуемой надежности, основанные, например, на функциональном или временном резервировании. Кроме того не приведены оценки временных затрат на реализацию предложенного алгоритма обеспечения надежности вычислительного

процесса, что не позволяет сделать вывод о возможности его использования при решении потока заданий.

5) В диссертации предложены оригинальные методы и алгоритмы мультиагентного управления распределёнными вычислительными процессами в ГРВС. При этом не приведены оценки временных затрат на реализацию данных алгоритмов, которые в свою очередь определяют максимальную частоту поступления заданий на ГРВС.

6) Не исследованы вопросы возможного «блефа» агентов в процессе проведения тендера, а также ошибок передачи данных между ними, что может приводить к существенному снижению качества распределения заданий.

7) На стр. 114-116 представлен сравнительный анализ ряда известных мультиагентных систем управления распределенными вычислениями. В тоже время отсутствуют обоснования выбора той или иной системы для такого анализа (табл. 12).

8) Недостаточно полно описаны функциональные задачи разработанной мультиагентной системы управления ГРВС на уровне приложений, что затрудняет общее понимание ее работы.

9) На стр. 255 упоминается проведение факторного анализа, проведенного с целью оценки влияния входных переменных моделей на наблюдаемые. Чтобы пояснить вычислительную сложность такого анализа следовало привести число факторов и их варьируемых значений.

В целом приведенные замечания не снижают научную и практическую ценность проведенных исследований и ни в коей мере не влияют на положительную оценку работы.

Заключение. Диссертационная работа Феоктистова Александра Геннадьевича представляет собой завершённое исследование, направленное на решение сложной научной проблемы организации предметно-ориентированных вычислений на основе пакетного подхода в гетерогенной распределенной вычислительной среде. Совокупность разработанных теоретических положений, дополненных технологическими решениями их реализации на практике, можно квалифицировать как крупное научное достижение в области распределенных вычислений. Диссертация написана

понятным научным языком и хорошо структурирована. При изложении материалов исследования выдержано внутреннее единство его содержания, смысла и терминологии.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», а ее автор, Феоктистов Александр Геннадьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:
главный научный сотрудник
НИИ МВС ЮФУ,
академик РАН,
доктор технических наук, профессор

Согласен на обра
академик РАН, дс

Игорь Анатольевич Каляев
«17» 02 2022 г.

ных,
профессор

Игорь Анатольевич Каляев
«17» 02 2022 г.

Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем им. академика А.В. Каляева федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (НИИ МВС ЮФУ), главный научный сотрудник 347928, г. Таганрог, Ростовская область, ул. Чехова, 2, ГСП-284.

Тел.: +7 (863) 436-07

alyaev@sfedu.ru.

Подпись академика

Каляева удостоверяю
ученый секретарь,
к.т.н., доцент
А.П. Кухаренко